

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Фролов В.Ф.
«_____» _____ 20__ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЙНОГО РІВНЯ
«МАГІСТР»**

**ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»
ОПП «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

Тема: «Доочищення питної води природними мінеральними сорбентами»

Виконавець: студентка групи ЕК-201(м) Туревич Анастасія Олегівна
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д.б.н., професор кафедри екології Міхєєв Олександр Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант з розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Кажан К. І.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явнюк А. А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки інжинірингу та технологій

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): Спеціальність 101 «Екологія», ОПП
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Фролов В.Ф.

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

З МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТКИ

Туревич Анастасії Олегівни

1. Тема роботи «Доочищення питної води природними мінеральними сорбентами» затверджена наказом ректора від «11» жовтня 2019 р. №2364/ст
2. Термін виконання роботи: з 14.10.2019 р. по 03.02.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: дані про ефективність та особливості очищення води природними мінеральними сорбентами.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Аналітичний огляд літературних джерел з тематики диплому. Проаналізувати порядок очищення питної води в Україні та ринок фільтраційних систем для очищення питної води. Визначити потенціал доочищення питної води фільтрами на основі природних мінеральних сорбентів. Зробити висновки щодо доцільності використання природних матеріалів у якості фільтруючого матеріалу.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, графіки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Літературний огляд та збір інформації за темою дипломної роботи	11.10.2019- 20.10.2019	
2	Виконання експериментальної частини	01.01.2020- 16.01.2020	
3	Написання основної частини	21.10.2019- 17.11.2019	
4	Формулювання висновків та рекомендацій	20.01.2020	
5	Перевірка дипломної роботи керівником	20.01.2020- 02.02.2020	
6	Кінцеве оформлення роботи	17.01.2020- 23.01.2020	
7	Захист дипломної роботи	03.01.2020	

7. Консультанти роботи із зазначенням віднесених до них розділів:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри кафри БЖД, Кажан К.І.	28.11.2019	

8. Дата видачі завдання: «14» жовтня 20 19 р.

Керівник магістерської роботи: _____ Міхєєв О.М.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Туревич А.О.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Доочищення питної води природними мінеральними сорбентами»: 96 с., 16 рис., 14 табл., 10 графіків, 105 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: ефективність очищення води для питних потреб природними мінеральними сорбентами.

Предмет дослідження – мінеральні сорбенти та їх взаємодія з фізико-хімічним складом води.

Мета роботи: дослідити ефективність доочищення води обраними природними мінералами.

Методи дослідження: стандартизовані методики дослідження санітарно-хімічних та органолептичних показників води, порівняльний аналіз, ранжування, обробка та систематизація даних наукових джерел.

Результати магістерської роботи рекомендується використовувати при проведенні наукових досліджень, в практичній діяльності фахівців-екологів, а також для використання споживачами у питному водогосподарстві України.

ПИТНА ВОДА, ОЧИЩЕННЯ ВОДИ, ДООЧИЩЕННЯ ВОДИ, ПРИРОДНІ МІНЕРАЛИ, СОРБЦІЯ, МІНЕРАЛЬНІ СОРБЕНТИ, ШУНГІТ, ЦЕОЛІТ, КРЕМНІЙ, КРЕМІНЬ, ФІЛЬТР, ФІЛЬТРАЦІЯ, ФІЛЬТРАЦІЙНА УСТАНОВКА, ВОДОГОСПОДАРСТВО, ПИТНІ ПОТРЕБИ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
1. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ПИТНИХ ПОТРЕБ	
1.1. Дослідження тенденцій виробництва та ринку питної води в Україні та світі.....	9
1.2. Особливості забезпечення питною водою. Світові тенденції з питного водопостачання.....	12
1.3. Водопостачання України. Тенденції розвитку водопостачання м. Києва	15
1.5. Цеоліти та сфера їх використання у водопостачанні та водовідведенні.....	20
1.6. Фулерено-вмісний мінерал шунгіт як перспективний сорбент для очищення вод	23
1.8. Висновки до розділу.....	27
2. РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Методи відбору проб води.....	29
2.2. Методики вимірювання жорсткості води.....	32
2.3. Методики визначення хлору у воді.....	35
2.4. Методики визначення органолептичних показників – запаху і смаку води.....	37
2.5. Методи вимірювання водневого показнику рН води.....	41
2.6. Висновки до розділу.....	43
3. РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Теоретичні основи експерименту.....	44

3.2. Визначення варійованих чинників експериментального дослідження.....	45
3.3. Дослідження ефективності доочищення води за статичних умов шунгітом, цеолітом та кремнієм	49
3.5. Дослідження ефективності доочищення води шунгітом різної підготовки за різних умов освітлення.....	55
3.6 Проведення випробувань дослідної моделі фільтру для доочищення питної води на основі природних мінеральних сорбентів	60
3.7. Висновки до розділу.....	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі в гідрохімічній лабораторії.....	66
4.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі в гідрохімічній лабораторії.....	68
4.3. Забезпечення пожежної і вибухової безпеки при роботі в гідрохімічній лабораторії.....	76
5. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	80
6. СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ДСанПіН	–	Державні санітарні правила і норми
ГДК	–	гранично допустимі концентрації;
ЄС	–	Європейський Союз
pH	–	Potentia hydrogeni, водневий показник
ДСТУ	–	Державний стандарт України
PHC	–	Рекомендована норма споживання
AB	–	Активоване вугілля; активовано-вугільні
ШЦК	–	Суміш шунгіту, цеоліту та кремнію в рівних долях
CDC	–	(англ. Centers for Disease Control and Prevention) Центри з контролю та профілактики захворювань в США
ДФД	–	N,N-діетил-1,4-фенілендіамін
ДСанПіН	–	Державні санітарні правила і норми
ДСТУ	–	Державний стандарт України
ISO	–	(англ. International Organization for Standardization) Міжнародна організація зі стандартизації
ОСББ	–	Об'єднання співмешканців багатоповерхового будинку
ЖКГ	–	Житлово-комунальне господарство
ЗІЗ	–	Засоби індивідуального захисту

ВСТУП

Актуальність теми. Незаперечним є той факт, що проблема питної води є однією з найважливіших глобальних проблем людства. Полягає вона у тому, що якість природних вод, зокрема прісних, постійно знижується за рахунок чималого антропогенного забруднення довкілля. Якість води прямо впливає на кількість захворювань, тобто епідеміологічну ситуацію в окремих країнах та в світі загалом.

Можна виділити три основні способи забезпечення чистою прісною водою населення: очищення води на водопровідних станціях, очищення стічних вод та очищення водойм. Найчастіше використовуються перші два способи. До них, зокрема входить використання фільтраційних систем очищення води.

Метою даної дипломної роботи є дослідити потенціал природних мінеральних сорбентів для використання у галузі очищення води для питних потреб. Для досягнення даної мети необхідно виконати ряд наступних **завдань**:

1. Проаналізувати порядок очищення питної води в Україні та ринок фільтраційних систем для очищення питної води. Визначити потенціал можливостей доочищення питної води мінеральними сорбентами.

2. Визначити та обґрунтувати методики експериментального дослідження.

3. Провести експериментальне дослідження ефективності очищення ефективності доочищення питної води мінеральними сорбентами за статичних та динамічних умов.

4. Створити фізичну модель фільтру, керуючись результатами попередніх експериментів та проаналізованої інформації; встановити ефективність очищення води модельним фільтром.

5. На основі досліджень сформулювати висновки щодо використання досліджених мінералів у якості фільтр-засипок у системах доочищення води для питних потреб.

Об'єкт дослідження – ефективність очищення води для питних потреб природними мінеральними сорбентами.

Предмет дослідження – природні мінеральні сорбенти, як основний матеріал фільтрів для доочищення питної води.

Для досягнення поставленої мети дослідження використовувалися такі **методи** дослідження:

теоретичні – вивчення і теоретичний аналіз наукової і довідникової літератури, теоретичне узагальнення матеріалу;

експериментальні - лабораторні дослідження води за санітарно-хімічними та органо-лептичними показниками якості;

емпіричні – спостереження за змінами показників якості води протягом відстоювання дослідних ємностей за різних умов освітлення.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що оцінено ефективність доочищення питної води природними мінералами, а саме шунгітом, цеолітом та кремнієм, запропоновано використання цеоліту та шунгіту у фільтрах для доочищення вод для питних потреб, показано вплив залишкового хлору на ефективність обробки води мінеральними сорбентами.

Практичне значення дослідження полягає в тому, створено фізичну дослідну модель фільтру на основі мінеральних сорбентів, перевірено її ефективність в атестованій лабораторії. Результати роботи можна використовувати для очищення вод для питних потреб в домогосподарствах або для створення нового фільтраційного продукту на ринку водоочисних систем.

Особистий внесок випускника. Магістрантом розроблено фізичну модель фільтру на основі досліджених природних мінералів, перевірено ефективність роботи установки, встановлено недоцільність використання кремнію в очищенні води, а також здійснено основний об'єм експериментальної роботи, обробку та аналіз отриманих результатів, формулювання висновків дипломної роботи.

Апробація роботи. Матеріали досліджень апробовано на конференціях: XIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих учених «Екологічна безпека держави» (квітень 2019 р.) "Алгоритм підбору систем доочищення питної води" та "Якість води в муніципальній системі водопостачання" - III Міжнародна науково-технічна конференція «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг» (жовтень 2019 р.).

Публікації. Тема роботи була висвітлена у 2 збірниках тез.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ПИТНИХ ПОТРЕБ

1.1. Дослідження тенденцій виробництва ринку питної води в Україні та світі

Одним з найбільш ефективних інструментів для зміцнення здоров'я населення є забезпечення можливості якісного водоспоживання. Україна відноситься до малозабезпечених прісною водою країн. Очисні системи, як і центральне водопостачання, є не у всіх населених пунктах [1]. Організація процесу очищення води на пунктах водозабору залишає бажати кращого. Після проходження очищеної води по трубах, вода набуває вторинного забруднення [2], тому використання її для пиття та приготування їжі потребує доочищення.

Таким чином, одним з найважливіших для розвитку людства ресурсів є саме чиста, придатна до пиття, вода. Попит на питну воду буде існувати доти доки існують люди, а як відомо попит народжує пропозицію.

Пропозицію на питну воду створюють компанії які можна умовно поділити на дві групи:

Перша група – компанії які виробляють фільтруючі суміші (засипки), а також картриджі, колби, додаткове устаткування для очищення води. Основними споживачами їх продуктів є як інші підприємства, які вразливі до якості води (наприклад підприємства харчової промисловості, різноманітні зоо- та акваферми) так і приватні споживачі (домогосподарства, кооперативи тощо), а також заклади громадського харчування (кафе, ресторани, закусочні, бари тощо).

Перша група підприємств також формує ресурсну базу для другої групи – організацій, які займаються очищенням і продажем готової для споживання води. Це як фірми з доставки питної води, так і кіоски або автомати розливу води.

Компанії які займаються розливом природної мінеральної води в даний огляд не включені, так як в їх технологічній схемі майже або повністю відсутнє очищення води за допомогою фільтруючих матеріалів.

Як для першої так і для другої групи підприємств надважливим є забезпечення сталого, а краще, постійно зростаючого попиту на питну воду. Найчастіше це досягається завдяки «водному популізму» - закликів пити воду у надмірних кількостях постійно та щодня, а також завдяки рекламним засобам, які надають воді чарівних властивостей, зокрема воді ТМ «Карпатська джерельна» воді приписують омолоджуючі властивості.

Отже, важливим є розуміння впливу води на організм людини. Вода – це неорганічна прозора хімічна речовина, яка являє собою найпоширеніший універсальний розчинник. Більшість біохімічних реакцій неможливі без води. Живі організми, як власне і людина, складаються з понад 70% води. Вона є у складі всіх клітин наших тканин, та забезпечує всі основні процеси: транспорт поживних речовин, вивільнення з них енергії, дихання, звільнення від продуктів метаболізму. Якість води безпосередньо впливає ефективність вищезгаданих процесів. Співвідношення надходження води до організму та її виділення з нього називають гідробалансом [4]. Для нормального функціонування організму слід вживати рідину з розрахунку 30-50 мл на кілограм маси тіла за добу. Для середньостатистичної людини масою тіла 70 кг це дорівнюватиме 3,5 л рідини. У цю кількість входить вода, яку ми отримуємо із їжею та напоями. Чистої води ж із всього цього об'єму повинно бути щонайменше 1 літр, і вона має відповідати таким вимогам: чиста, свіжа, мінералізована (мати збалансований вміст мінеральних речовин), бажано фторована вода [5-7].

На ринку України представлено широкий вибір різноманітних систем очищення води різного профілю та сфер використання, орієнтованого, як на приватного споживача, так і на промислові підприємства. Для дослідження попиту на такі системи був проаналізований сегмент ринку, який направлений на приватного споживача (встановлення «під ключ»), а саме: квартира, приватний будинок (котедж) та колективи мешканців об'єднань співвласників

багатоповерхових будинків (ОСББ) чи житлово-комунальні господарства (ЖКТ) представлені під'їздом чи декількома під'їздами.

Для підбору систем очищення питної води необхідно знати потенційну продуктивність очисної системи, яка обчислюється виходячи з інформації про максимальне споживання води на добу: рекомендована норма споживання (РНС) води: 1,5-3,8 л/добу·осіб [3]. З цією метою був проведений розрахунок, результати якого наведені нижче та в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Споживання питної води

Параметр	ОСББ/ЖКТ		Приватна житлоплоща	
	Під'їзд	Будинок	Квартира	Котедж
Кількість мешканців	120-200 осіб	360-600 осіб	1-5 осіб	2-7 осіб
РНС = 3 л/добу·осіб	360-600 л/добу	1080-1800 л/добу	3-15 л/добу	6-21 л/добу
Максимальне споживання	600 л/добу	1800 л/добу	15 л/добу	21 л/добу
Продуктивність очисної системи, л/год	150	450	3,75	5,25

У місцях проживання людей фактична добова норма споживання води, як правило, розраховується не за повну добу (24 години), а за набагато менший час. Це активні години водозабору вранці (до роботи або навчання) і ввечері (після 17:00). Відповідно максимальне (пікове) споживання питної води приймаємо протягом 4 годин.

Для розрахунку необхідної продуктивності очисних систем виведемо формулу. Для цього розрахуємо сумарне споживання питної води мешканцями за добу за формулою (1.1):

$$P_i = N_i P_p, [\text{л/добу}], \quad (1.1)$$

де: P_i – споживання води на добу; N_i – кількість мешканців; P_p – рекомендована норма споживання (PHC) для питної води. Приймаємо $P_p = 3$ л/добу·осіб, як медіанне значення за даними [3].

Кількість мешканців для будинку знаходимо за формулою (1.2):

$$N_i = nk, \quad (1.2)$$

де: n – середня кількість мешканців в одній квартирі, $n = 3$; k – кількість квартир в під'їзді, $k = ht$, де h – етажність будинку, t – кількість квартир на поверсі.

Необхідна продуктивність (1.3) системи доочищення питної води для можливості задовольнити максимально всіх споживачів з урахуванням усього вище написаного буде дорівнювати:

$$W = \frac{P_i}{3}, \text{ [л/ год]}. \quad (1.3)$$

Поданий розрахунок можна використовувати як для колективного (під'їзд/будинок) споживання води, так і для приватного споживання (квартира/котедж).

Запропонований алгоритм дозволяє визначити пропускну спроможність систем доочищення питної води та оптимальні конструктивні рішення, що сприятиме встановленню потрібної технології фільтрації в багатоповерхових будинках та котеджах. Таким чином вдасться оптимізувати ринок продажу готових рішень систем для доочищення питної води в місцях, де на такі системи є попит.

1.2. Особливості забезпечення питною водою. Світові тенденції з питного водопостачання

За даними спільної від 2017 року доповіді ВОЗ і ЮНІСЕФ троє з десяти осіб в світі (2,1 мільярда осіб) не забезпечені безпечним і легко доступним водопостачанням за місцем проживання [8]. Ще у 2000 році Європарламент випустив директиву про воду [9], в першому пункті якої зазначається, що вода - це

не комерційний продукт, а спільна спадщина, яку потрібно оберігати. Дійсно, чистота води безпосередньо впливає на людське здоров'я - не випадково 80% захворювань у країнах, що розвиваються, пов'язані з інфікованою водою, що суттєво підвищує рівень смертності населення. Зокрема, щорічно інфікована питна вода спричинює захворювання до 500 млн. людей.

На сьогоднішній день, найдетальнішу інформацію про якість проточної води в різних країнах зібрала Рада з контролю і профілактики захворювань (CDC). Рекомендації CDC відносно питної води в тій чи іншій країні базуються на загальній статистиці захворювань шлунково-кишкового тракту серед туристів, які найчастіше спричинені неякісною питною водою. Фахівці CDC склали список [10] європейських країн, де безпечно пити водопровідну воду і де робити цього не варто. До перших, увійшли 30 держав центральної, східної і північної Європи, зокрема такі країни як Німеччина, Франція, Великобританія, Швейцарія, Бельгія, Данія, Норвегія, Фінляндія, Швеція, Латвія та інші. Україна ж увійшла до переліку країн, воду в яких без попередньої обробки та/чи очищення пити не рекомендується.

Відповідно до згаданого вище рейтингу, а також відкритої інформації у відкритій всесвітній мережі інформації [11-54], зокрема з сайтів державних установ різних країн світу, було проаналізовано способи очищення та придатність до пиття води з муніципальних водопровідних мереж країн світу (див. табл. А.1), які мають відзнаку CDC.

Було проаналізовано 32 країни світу. З них у 23 вода з-під крану придатна до безпосереднього вживання людиною, а 6 - потребує додаткового очищення чи кип'ятіння. Ще для трьох країн, а саме Італії, Іспанії та Латвії, знайдена інформація є спірною: зокрема на державних інформаційних джерелах пишуть, що вода відповідає високим показникам якості, на місцевих ж форумах, в тому числі й туристичних, є досить багато скарг за останні 6 місяців на якість та придатність до пиття води з-під крану. Країни в яких вода для пиття не рекомендована, або інформація щодо придатності її до безпосереднього вживання людиною є спірною наведені у Таблиці 1.2.

Джерело та способи очищення води в країнах де вода з-під крану не придатна до безпосереднього вживання

Країна	Джерело води	Способи очищення	Придатність до вживання без обробки
Гібралтар	Вода привозна або опріснена морська	Опріснювання морських вод, демінералізація, фільтрація піщаними та вугільними фільтрами, хлорування, хлорином	Малопридатна
Греція	Вода опріснена морська, штучні поверхневі джерела, ґрунтові води, дощова вода	Ультрафільтрація, седиментація, вугільна/піщана фільтрація, демінералізація, опріснення	Придатна тільки в Афінах
Іспанія	63% наземні водойми, 33% підземні, 4% інші, з опрісненням включно	Окислення перманганатом калію, хлорування, газоподібним хлором, вугільно-піщана фільтрація ; опріснення	Малопридатна, потребує кип'ятіння
Італія	Ґрунтова, артезіанська вода	Хлорування, ультрафільтрація	Придатна
Македонія	Річкова вода та рідко підземні води	Ультрафільтрація, хлорування(хлорін)	Малопридатна
Мальта	Опріснена морська	Опріснення, демінералізація, ультрафільтрація, хлорування	Малопридатна
Монако	Підземні води	Піщана фільтрація, знезараження діоксидом хлору	Малопридатна
Латвія	Поверхневі та підземні води	Хлорування, озонування, ультрафільтрація	Придатна

Найбільш вживаними технологіями очищення води в регіонах, де вода з-під крану придатна до вживання без додаткового очищення чи кип'ятіння, є використання фільтрів на основі активованого вугілля, гравію та піску, озонування, флокуляція, оксидація та обеззаражування ультрафіолетовими лампами. Варто

зазначити, що якість водопровідної води вище у тих країн, які частково або повністю відмовились від хлорування за допомогою рідкого або газоподібного хлору.

Спеціалісти різних країн в сфері водопостачання зазначають, що вода з поверхневих джерел, таких як озера, водосховища, річки та інші, потребує використання більшої кількості методів очищення та значно більших ресурсів, ніж вода із підземних джерел. В деяких країнах, зокрема в США та у Новій Зеландії, водопровідна вода зазнає штучного фторування з кінцевим вмістом до 0,015 ppm, згідно рекомендації місцевих асоціацій стоматологів [6-7].

Причиною непридатності ж водопровідної води для пиття без обробки є:

- Відсутність вчасного обслуговування водопровідних систем трубопроводів та власне очищення води;
- Застарілі технології очищення води, які підібрано без урахування особливостей забруднення використовуваних вод;
- Недосконалі системи демінералізації морської води, які не забезпечують її достатнього знесолення та/або очищення.

Важливим також є забезпечення високого рівню безпеки водоочисних станцій, так як кожного року зростає кількість спроб «водного» тероризму – біологічне або хімічне штучне забруднення баків з водою, що вже пройшла очищення.

1.3. Водопостачання України. Тенденції розвитку водопостачання м. Києва

На пунктах водозабору України використовують такі методи очищення: хлорування (рідким або газоподібним хлором), флокуляція, коагуляція, озонування, механічна фільтрація, тощо.

В місті Києві монополістом постачання водопровідної води є ПрАТ АК «Київводоканал», який у рамках законодавства України щодо забезпечення населення відкритою інформацією щодо стану та якості довкілля та надання послуг на своєму інформаційному мережевому ресурсі надає вичерпну інформацію: щодо оцінки якості води в мережі та на сайті очищення вод, аварійних ситуацій на

водопроводах та бюветах, місцезнаходженні та годин роботи сервісних центрів обслуговування клієнтів, тощо. Водозабірні станції підприємства розміщені на правому та лівому березі Києва і використовують загальноприйняті в Україні методи очищення води.

Оцінювання якості води ПрАТ АК «Київводоканал» проводить періодично [55], кожні три дні, на трьох рівнях контролю:

- 1) Якість вхідної води перед потраплянням її у створи водоочисних станцій;
- 2) Якість води після очищення та перед подачею у мережу водопроводів, на станціях водозабору – Дніпровській та Деснянській;
- 3) Якість води на 23 контрольних пунктах оцінювання (див рис.1.1)



Рис.1. 1. Мапа розміщення контрольних пунктів перевірки якості води ПрАТ АК «Київводоканал»

Аналіз відкритої інформації [55] стосовно результатів очищення води на Дніпровській та Деснянській станціях водозабору, а також в житлових районах м. Києва за 2018-2019 роки виявив деякі закономірності роботи підприємства:

1) якість очищення падає на весні, що може бути викликано як вихідною якістю води в водоймі так і тим, що станції водозабору не оптимізують технологію очищення води згідно природних умов;

2) наявні перевищення нормативних значень мутності в Дарницькому районі м. Києва, що становлять в середньому $0,67 \text{ мг/дм}^3$ (див. Рис 1.2);

3) Інші показники за даними ПрАТ АК «Київводоканал» знаходяться в межах нормативних значень (див. табл. А.2).

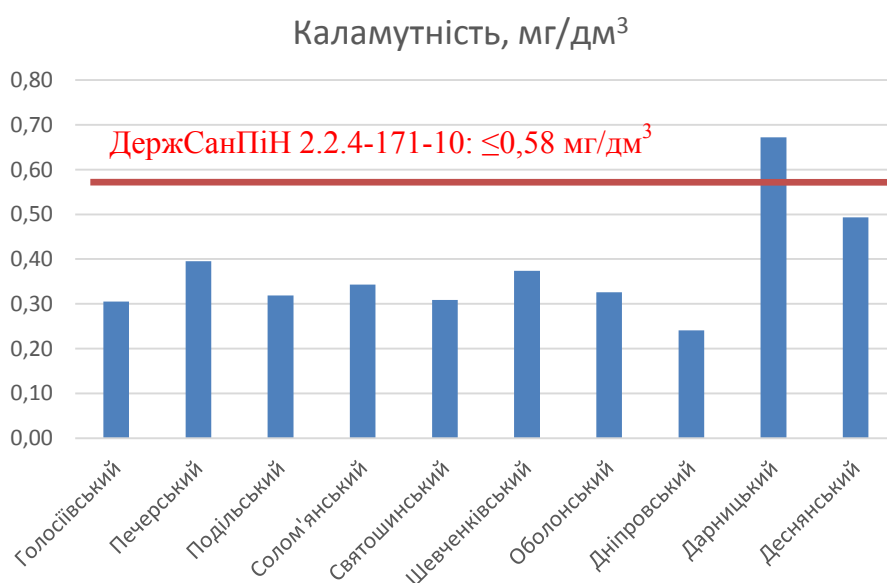


Рис.1. 1. Графік середньорічних значень каламутності води в районах м. Києва

Варто відзначити, що якщо брати до уваги рекомендації Всесвітньої організації здоров'я, за якими каламутність не може перевищувати $0,2-0,5 \text{ мг/дм}^3$, то київська вода здебільшого вимогам не відповідає.

Однак, цей аналіз складно назвати точним через брак офіційної інформації (див. табл. 1.5), а саме відсутність вимірів на контрольних пунктах міста таких показників: загальна жорсткість води, рН, вміст загального заліза, алюмінію, амонію, нітритів та перманганатна окислюваність, які є одними з основних характеристик якості води для вживання її людиною, а також фактором можливості перебігу більшості біохімічних реакцій.

Таблиця 1.3

Порівняльна таблиця показників якості води (ПрАТ АК «Київводоканал»)

Показники	Якість на виході зі станцій водозабору	В контрольних точках розподільчої водопровідної мережі м. Києва
Загальне мікробне число при $t\ 37^{\circ}\text{C}$ - 24 год	+	+
Загальні коліформи	+	+
E.coli	+	+
Ентерококи	+	+
Запах: при $t\ 20^{\circ}\text{C}$, при $t\ 60^{\circ}\text{C}$	+	+
Забарвленість	+	+
Каламутність	+	+
Смак та присмак	+	+
Водневий показник	+	-
Загальна жорсткість	+	-
Залізо загальне	+	-
Хлор залишковий зв'язаний	+	+
Алюміній	+	-
Амоній	+	-
Нітрити	+	-
Перманганатна окиснюваність	+	-

Проте, ця інформація наявна в результатах перевірки показників якості води річок Дніпра та Десни та питної води на виході з Дніпровської та Деснянської водопровідних станцій Києва. Ці показники, як правило, повною мірою визначають

якість та необхідність додаткової фільтрації води для забезпечення господарських та особистісних потреб населення.

Цілком очевидно, що вода на шляху до споживача зазнає погіршення показників її якості за рахунок загального стану забруднення водопровідних мереж, у тому числі і мікробіологічного. Однією з причин цього є експлуатаційний термін водопроводів в місті Києві, який сягає більше ніж 30 років.

Варто відзначити, що наразі Дніпровська станція водозабору м. Києва вже переведена на сучасний метод очищення - гіпохлоридом натрію [56], що відповідає новим вимогам забезпечення якості питної води. Однак, це лише третина територіального водозабезпечення міста (див Рис. 1.3). Впровадження же сучасних технологій водоочищення в масштабах країни – техніко-технологічна задача не на один рік. Тому вкрай важливо, по-перше забезпечити населення міста повною та точною інформацією щодо якості води в трубах, технічного стану власне трубопроводів та технологій очищення води, які використовуються в даний момент. Остання інформація досить мінлива, бо не завжди для водоочищення на водозабірній станції використовується все доступне обладнання, а від того яке саме обладнання використовується істотно залежать показники якості вихідної води.

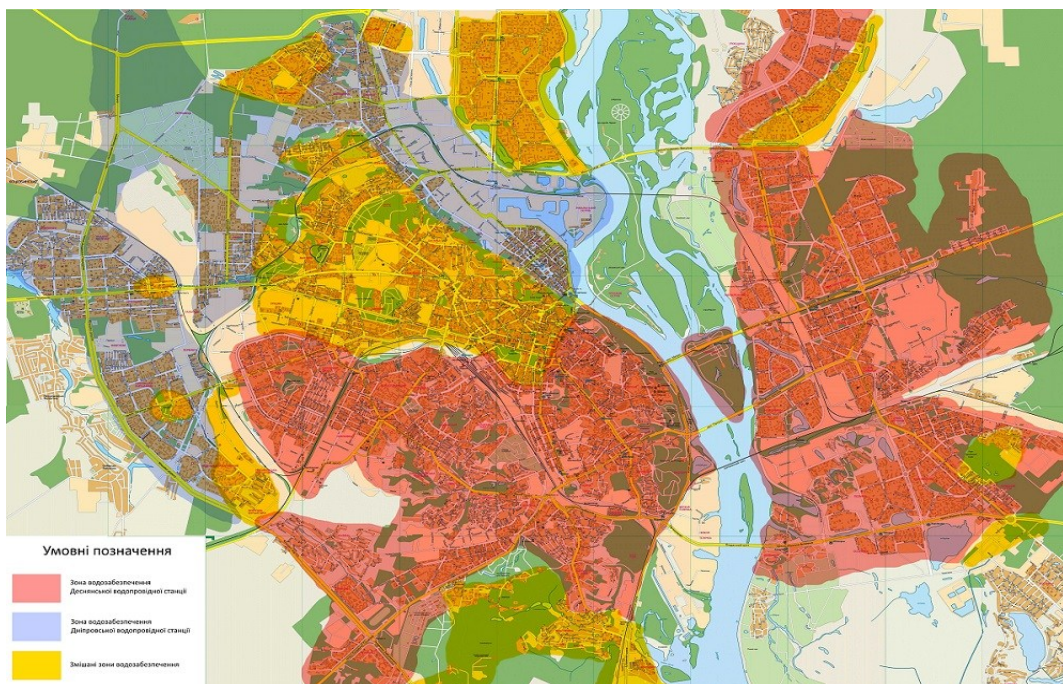


Рис. 1.3. Мапа зонування водозабезпечення районів станціями ПрАТ АК «Київводоканал»

На рис. 1.3 блакитним кольором позначено зону водозабезпечення Дніпровської водозабірної станції, червоним – Деснянської водозабірної станції, а жовтим кольором позначено зону змішаного водозабезпечення.

1.4. Цеоліти та сфера їх використання у водопостачанні та водовідведенні

Цеоліти (в перекладі з грецького – киплячий камінь) – мінерали групи водних алюмосилікатів лужних та лужноземельних елементів. При зануренні у воду, цеоліт довго виділяє бульбашки газу, а під час нагрівання – тривалий час виділяє водяну пару. Розрізняють цеоліти: синтетичні та природні, які у свою чергу поділяються за походженням на осадкові і вулканічні.

На сьогодні відомо більше 40 видів природних цеолітів, які відрізняються за своєю структурою.

Найбільш поширеними є кліноптилоліт $(K_2Na_2Ca) \times Al_2Si_7O_{18} \times 6H_2O$, морденіт – $(Na_2K_2Ca) \times Al_2Si_{10}O_{24} \times 7H_2O$ і гейландит $(Ca_4Na) \times Al_9Si_{27}O_{72} \times 24H_2O$.

Як правило, в природних цеолітах, крім основного мінералу містяться і супутні – пісок, кварц, глина, польовий шпат. Вміст основних мінералів є одним з основних показників якості породи і її чистоти. Радіоактивність цеолітів не перевищує фонових значень земної кори регіону.

В Україні родовище цеоліту знаходиться в селі Сокирниця (Закарпатська обл., Хустський р-н). Цеоліт Сокирницького родовища містить велику кількість кліноптилоліту, використання якого можливо у всіх сферах господарства та промисловості. Це можливо завдяки строго визначеним розмірам пор та внутрішніх порожнин, що надають мінералу постійно високих сорбційних властивостей [57-58, 60-61], як відносно органічних так і неорганічних речовин. Кліноптилоліт має й інші характеристики, що також значно розширюють сферу його застосування, зокрема: механічну міцність, високу поглинальну здатність та «ситовий» ефект, стійкість до впливу агресивних середовищ [61], селективність до катіонів металів різноманітної природи.

Завдяки розміру сорбційних каналів від 2 до 9 ангстрем [66], мінерал має надзвичайно високі сорбційні властивості, а також сприяє виникненню Іонно-ситового ефекту, що проявляється як адсорбція з газових і рідких систем пари азоту, CO₂, SO₂, H₂S, Cl₂, NH₃ [67, 61], а також адсорбція радіоактивних іонів цезію з розчинів, іони NH⁴⁺ - з стічних вод і водойм, іони Cu, Pb, Zn, Cd, Ba, Co, Ag і інших металів - з промислових стічних вод, очищувати природні гази. Ємність поглинання цеолітів у 30 разів вища, ніж у іонообмінних смол. Найбільший потенціал у промисловості та господарстві мають зневоднені (дегідратовані) цеоліти.

Існує виробництво штучних цеолітів, проте такі мінерали значно поступаються за своїми властивостями, а також мають більшу економічну вартість ніж цеоліти природного походження.

До переваг природних цеолітів необхідно віднести їх здатність до регенерації, і як наслідок, можливість використання у багато цикловому режимі. Штучний цеоліт для очищення води не придатний, оскільки не задовольняє вимогам санітарних норм по органолептичним показникам і по кислотності. У свою чергу, природні цеоліти Закарпатського родовища з точки зору екології придатні, а за чистотою наближаються до штучного. Низька собівартість і унікальні властивості природних цеолітів роблять їх перспективними мінералами для очищення води [59, 62-65, 68].

Результати досліджень елементного складу кліноптилоліту наведені у табл. 1.4. Основу мінералу складають кисень, кремній та алюміній. Міститься, також, незначна кількість лужних і лужноземельних металів та залізо.

Таблиця 1.4

Вміст основних елементів кліноптилоліту Сокириницького родовища [69]

Елемент		O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Вміст	Мас.%	53,52	1,35	0,32	5,85	32,84	2,53	1,65	1,95

Особливості будови кліноптилоліту (шорстка поверхня, наявність пор і каналів, вхідних вікон) пояснюється каркасною структурою будови. Каркас складається з тетраедрів, які вершинами утворюють восьмигранні кільця, створюючи канали в структурі цеоліту. Всередині каналів розміщуються молекули води, так звана «цеолітова вода», а також катіони лужних (Na^+ , K^+) і лужноземельних металів (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Маючи велику кількість вхідних вікон на поверхні, структуру пронизану каналами, комплекс катіонів всередині себе, з'являється можливість використовувати кліноптилоліт як «молекулярне сито» і замішувати катіони, які здатні пройти через молекулярне вікно (розмір вхідних вікон 3,5-4,8 мкм) на структурні катіони мінералу [69]. Після контакту з кліноптилолітом, з води поглинаються іони заліза, марганцю, міді. Крім того значно зменшується вміст амонію і вода стає більш лужною (збільшується водневий показник) (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Вміст іонів металів у воді з міського озера (м. Івано-Франківськ) до і після контакту з кліноптилолітом Сокирницького родовища [69]

Показники, що контролюються	До контакту з кліноптилолітом	Після контакту з кліноптилолітом (5 діб)
Водневий показник, pH	6,75	7,74
Залізо (загальне), мг/дм ³	0,22	≤ 0,1
Мідь, мг/дм ³	0,022	0,011
Марганець, мг/дм ³	0,029	≤ 0,01
Амоній, мг/дм ³	0,16	≤ 0,05

Слід відзначити, що поглинання іонів важких металів кліноптилолітом є незворотним і тому відсутнє їх вимивання у ґрунти. Отже, використаний цеоліт не потребує утилізації і може бути використаний як компонент при будівництві доріг та промисловому будівництві [61]. Аналіз питної води, яка контактувала з

клинотилолітом, показав, що вода насичується іонами кальцію. При цьому, також, спостерігається незначне зменшення іонів магнію та фторидів (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Вміст лужноземельних металів та фторидів у питній воді до і після контакту з клинотилолітом [69]

Показники, що контролюються	До контакту з клинотилолітом	Після контакту з клинотилолітом (45 год.)
Кальцій, ммоль/дм ³	2,73	3,52
Магній, ммоль/дм ³	1,06	1,04
Фтор, мг/дм ³	≤0,09	≤ 0,069

Отже можна побачити, що при контакті клинотилоліту з водою в результаті іонного обміну між твердою і водною фазами спостерігається збагачення води іонами кальцію та зменшення вмісту іонів амонію та важких металів, зокрема заліза, марганцю та міді. Значно покращується водневий показник води. Враховуючи високі сорбційні властивості, низьку вартість та здатність до регенерації, можна стверджувати, що цеоліти, зокрема з клинотилоліт Сокирницького родовища є перспективним та унікальним матеріалом для використання у водоочисних фільтрах різного призначення.

1.5. Фулерено-вмісний мінерал шунгіт як перспективний сорбент для очищення вод

Шунгіт, або шунгітовий вуглець – це мінеральна порода, яка утворена скам'янілою нафтою, яка має вигляд або аморфного, не кристалізованого фулереноподібного вуглецю, вміст якого у породі близько 30%. Інші 70% породи складають силікатні мінерали – кварц SiO₂ (57,0%) та слюда. Також, до складу шунгіту входять наступні речовини: TiO₂ (0,2%), Al₂O₃ (4,0%), FeO (2,5%), MgO (1,2%), K₂O (1,5%), S (1,2%).

Свою назву мінерал шунгіт отримав в 1887 році від селища Шуньга в Карелії, яке розташоване на березі Онезького озера в Росії. Здебільшого, мінерал використовується у важкій промисловості, зокрема як протівогарне покриття при виробництві чавуну; як шихта при виплавці феросплавів, карбїду та як наповнювач гуми [70].

Шунгітовий вуглець утворює в породі матрицю, в якій рівномірно розподілені дисперсні силікати із середнім розміром близько 1 мкм. Властивості шунгітової породи визначаються двома факторами: властивостями та структурою породи, тобто взаємодією вуглецю і силікатів. Атоми вуглецю в породі, здебільшого утворюють молекули сферичної форми [71], які мають назву «фулерени».

Фулерени це такий вид молекул вуглецю, в яких молекула C^{60} містить фрагменти з п'ятикратної симетрією (пентагону). Молекула фулерену є органічною молекулою, а кристал, утворений такими молекулами (фуллерит) - це молекулярний кристал, який є сполучною ланкою між органічною і неорганічною речовиною.

Специфічна структура шунгіту, а отже і шунгітової породи, визначають їх властивості. Від так наявність шунгітової матриці надає породам високу електропровідність а також високу реакційну здатність в окисно-відновних реакціях. В цілому, унікальне поєднання фізико-хімічних властивостей шунгітових порід визначає перспективи їх практичного використання в багатьох напрямках [72-73]:

- Щебінь - для доменної металургії (виробництво ливарного та переробного чавуну, наведення гарнісажу в печах в процесі плавлення), виробництво феросплавів, жовтого фосфору, електрометалургії кольорових металів.

- Піски - для підготовки питної води (проточних фільтрів і колодязів, див Рис.1.4), очищення стічних і зливових вод, очищення води для басейнів і ТЕЦ, для радіоекранування. Компонент для створення мінеральних і органо-мінеральних добрив, штучних ґрунтів.

- Порошок - для виробництва еластомерів, різних фарб (будівельних, мистецьких, електропровідних, протипригарних), в якості наповнювачів спеціальних матеріалів - радіопоглинаючих і радіоекрануючих.



Рис. 1.4. Станція водопідготовки в м. Пушкіно (Московська область)

В Московському хіміко-технологічному інституті ім. Д. І. Менделєєва та у Військово-медичній академії ім. С. М. Кірова виконувалися дослідження [74-77] антиоксидантних властивостей шунгіту по відношенню до хлорорганічних сполук і вільних радикалів, які показали, що шунгіт виводить вільні радикали з води в 30 разів ефективніше, ніж активоване вугілля. Крім того, завдяки сорбційній активності по відношенню до патогенної мікрофлори, в т.ч. до кишкової палички, шунгіт за результатами московських вчених має бактерицидні властивості, що дозволяє проводити ефективне знезараження питної води в процесі водопідготовки та водоочищення. Проведений бактеріологічний аналіз показав, що після пропускання води, що містить кишкову паличку, через шунгітовий фільтр спостерігається майже повне її видалення (Колі-індекс змінюється від 2300 кл/л до 3 кл/л). З 1785 кл/л найпростіших (інфузорії, коловертки, ракоподібні) в вихідній воді після обробки шунгітом спостерігалися лише поодинокі екземпляри мертвих найпростіших (5 кл/л).

Проте, за інформацією інших вчених ситуація із бактерицидним та антисептичним впливом шунгіту прямо протилежна - шунгіт скоріше чинить активуючий вплив на мікроорганізми [78], тобто шунгітові породи не мають

вираженого антисептичного ефекту, проте навпроти знижують дію антибіотиків, пестицидів, важких металів та інших інгібуючих речовин на мікроорганізми [79].

Зокрема, дослідження [80] стверджують що шунгіт стимулює швидкість росту бактерій, має протекторні, стимулюючі або інгібуючі властивості до живих організмів. Ефект впливу залежить від концентрації шунгітової породи в досліджуваних ємностях. Аналогічний ефект спостерігається і при дослідженні токсичного впливу синглетного кисню, важких металів на культури багатоклітинних організмів – дафній, водорості та інші гідробіонти [80]. Також провідними дослідженнями [81] показано що, після внесення суміші антибіотиків ванкоміцину і пеніциліну чисельність бактерій в акваріумній воді знизилася в 12 разів у порівнянні з вихідними значеннями цього параметра. При внесенні шунгіту в експериментальні колби з розчином антибіотиків чисельність бактерій знизилася тільки в 1,7 разів. Ці ж дослідники стверджують, що шунгіти, в залежності від їх концентрацій, можуть бути використані як стимулятори росту водних гетеротрофних бактерій так і як протектори від впливу антибіотиків.

Наявна інформація про те, що шунгітові породи також ефективні і у очищенні стічних вод від нафтопродуктів та важких металів. Очищення стічних вод від органічних речовин (в т.ч. фенолу, бензолу) і від мінеральних речовин (в т.ч. залізовмісних, миш'яку). Шунгітові породи можуть бути перспективні в процесах поділу складних сумішей розчинених органічних речовин і вилучення комплексів високомолекулярних сполук поліфункціонального характеру [73]. За допомогою шунгіту виділяються такі види забруднень в інтервалі від 50 до 99%: залізо (95%), марганець (50%), мідь (85%), цинк (80%), хлор (85%), феноли (90%), цезій (91%), стронцій (99%) свинець (85%), фтор (80%), азот аміаку (90%), нітрати (50%), радіонукліди (90%), діоксин (99%), яйця гельмінтів (90%) запах (85%), кольоровість (95%), каламутність (95%). Сорбційні властивості шунгіту по відношенню до цих речовин характеризуються такими показниками.

У порівнянні з кремій-глауконітовим вапняком та активованим вугіллям, шунгіт краще видаляє з води частки радикальної і іон-радикальної природи, зокрема іонів заліза та феноли.

Важливою особливістю шунгіту, як сорбційного матеріалу для використання в галузях водогосподарства, є його здатність до регенерації та повторного використання у багато циклічному режимі використання. З метою відновлення сорбційної ємності та повторного тривалого використання шунгітових сорбентів в фільтрувальному устаткуванні фахівцями Всеросійського науково-дослідного інституту мінеральної сировини, Інституту проблем комплексного освоєння надр РАН, Енергетичного інституту ім. Кржижановського були запропоновані методи регенерації: термічний, лужної, парогазовий, електрохімічний і содовий. Найкращою сорбційною здатністю володіють сорбенти, регенеровані парогазовим і содовим методами [73, 81].

Регенеровані сорбенти забезпечують високу ступінь очищення поверхневих стічних вод до необхідних меж. Промивка шунгіту від домішок проводиться кухонною сіллю, оцтом, содою або великим об'ємом водопровідної води.

1.6. Висновки до розділу

Проведений аналіз літературних даних показав, що проблема якості питної води залишається однією з найважливіших глобальних проблем світу, і кожна країна, в тому числі і Україна, зацікавлена у створенні безпечного питного водопостачання для збереження здоров'я своїх громадян. Проте для цього потрібно вчасно модернізувати обладнання та комунікації, а також використовувати нові та раціональні методи очищення вод.

Теоретично досліджено, що природні мінеральні сорбенти вже використовуються для очищення вод господарського та промислового використання, а також можуть бути використані для очищення та покращення властивостей питної води. Шунгіт, який здебільшого видобувається на Карельському півострові (Росія), має широке використання на станціях водо підготовки, зокрема у московській області. Важливе промислове значення у водопостачанні України мають цеоліти Сокирницького родовища, які є дешевою та ефективною альтернативою синтетичним сорбентам. Позитивною особливістю

природних мінеральних сорбентів є їх відносна дешевизна а також здатність до багаторазової регенерації та відновлення сорбційних властивостей.

На даний момент природні мінеральні сорбенти у якості основного фільтруючого матеріалу у водоочисному обладнанні досліджені мало і потребують додаткового вивчення. Зокрема, необхідно дослідити вплив мінеральних сорбентів на воду різного походження, а саме на оброблену та необроблену рідким чи газоподібним хлором. Також важливими є дослідження зміни органолептичних та фізико-хімічних показників води при взаємодії з природними мінеральними сорбентами.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методи відбору проб води

Вода, як обов'язковий ресурс виключної важливості, має відповідати жорстким стандартам якості, що обумовлені виробничим чи невиробничим процесом у якій вона задіяна. Відтак, існує відповідний інститут стандартів України, що регулює якість води та виданий ISO серії ДСТУ 5667, який включає в себе понад 32 документи, що описують особливості відбору проб води та методи визначення тих чи інших показників її якості.

Відбір проб води з водопровідних мереж, поверхневих та підземних джерел, акваторій річок, озер та моря стандартизується відповідно до стандарту ISO серії ДСТУ 5667-2:2003 «Якість води. Відбирання проб. Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб».

Для аналізу хімічних та мікробіологічних показників якості об'єм проби води повинен становити не менше 1,5 л. Бутлі повинні бути скляні, чисто вимитими і ополоснуті дистильованою водою. За відсутності дистильованої води скляні бутлі ополіскують окропом, після чого тричі омивають досліджуваною водою. За відсутності скляних бутлів, їх можна замінити пластиковими бутлями з під води. Недопустимим є наливання проб дослідної води у тару (навіть начисто вимиту та оброблену згідно рекомендацій наведених вище) з під мийних засобів, солодких вод та інших господарських та продуктів харчування.

Досліджувану воду наливають у бутлі закривають скляними шліфованими пробками або корковими, які попередньо кип'ятять у дистильованій воді. За відсутності скляних чи коркових пробок підійдуть і пластмасові кришки, нові, або використовувані для закривання тари з питною водою; можливе їх промивання дистильованою водою, окропом, медичним спиртом, тощо.

Проби води з відкритих водойм беруть з наміченої глибини батометром, який, здебільшого, складається із затискача з чотирма лапками, зв'язаними ланцюжком, регулюючого гвинта (знизу), за допомогою якого лапки щільно затискають посуд, і пристосування (вгорі) для відкривання пробки на потрібній глибині [82].

При взятті проб води з водопровідного крану необхідно [84]:

- Відкрити кран на 10-15хв та злити воду спокійним струменем до безпосереднього забору води. Виконується це для того щоб злити з трубопроводу застійну воду.
- Підготувати ємність для проби у відповідності до згаданих вище рекомендацій; Сполоснути ємність водою, яка буде здаватися на аналіз;
- Набирати воду невеликим, спокійним струменем, посуд тримати під нахилом, щоб не утворилося пухирців повітря, бажано, не торкаючись горлом посуду до крану;
- Воду наливати «з переливом», щоб не допустити появу так званої «повітряного корку»
- Ємності з досліджуваними пробами води загорнути у непрозору тканину чи пакет та доставити у лабораторію протягом не більше як 24 години. До доставки у лабораторію, ємності слід зберігати в темному прохолодному місці без доступу світла (рекомендується використовувати в цих цілях звичайний господарський холодильник).

При взятті проб води з водопровідного крану необхідно:

- Злити воду спокійним струменем протягом 3-5 хвилин (не потребується для джерела з зливним механізмом);
- Перед забором проби, ємність тричі ополіскується водою для досліджування;
- Набирати воду невеликим, спокійним струменем, посуд тримати під нахилом, щоб не утворилося пухирців повітря, бажано, не торкаючись горлом посуду до крану;
- Ємність наповняється до верха. Перед закриванням верхній шар зливається так, щоб не допустити утворення «повітряного корку»;

- Ємності з досліджуваними пробами води загорнути у непрозору тканину чи пакет та доставити у лабораторію протягом не більше як 24 години. Не допускати різкого перепаду температур. До доставки у лабораторію, ємності слід зберігати в темному прохолодному місці без доступу світла (рекомендується використовувати в цих цілях звичайний господарський холодильник).

При відборі проби води складають супровідний документ, копію якого відправляють до лабораторії разом з пробкою. У документі вказують: дату взяття проби (рік, місяць, число, годину); назву водо-джерела та місце його розташування; місце і точку відбору проби; об'єм і число проб; спосіб консервування; мету дослідження і бажаний об'єм аналізу; хто відбирав пробу, місце роботи, посаду, підпис.

При неможливості дослідити воду у день відбору проби її зберігають у холодильнику. Гранично допустимим строком зберігання: проб у тих умовах вважають для чистої води - 72 год., для незначно забрудненої – 48 год і для забрудненої - 12 год. Допускається консервація проб у теплу погоду року, якщо пересилка триває більше доби.

У воду, призначену для визначення окислюваності, а також вмісту аміаку і хлоридів, можна додавати 2 мл 25%-ї сірчаної кислоти на 1 л, для визначення інших показників - 2 мл хлороформу на 1 л.

Воду для бактеріологічного дослідження набирають у стерильні склянки місткістю 0,5 л з притертими пробками або ватними стерильними тампонами. При цьому дотримуються правил бактеріологічної техніки. Посуд, призначений для відбору проб води для бактеріологічного дослідження стерилізують у автоклаві протягом 20 хв. при тиску 1.5 атм. або у сушильній шафі при температурі 16°C протягом 1 год. Після цього посуд загортають в папір і в ньому доставляють до вододжерела [83].

2.2. Методики вимірювання жорсткості води

Жорсткість природної води зумовлена наявністю в ній іонів кальцію та магнію. В природних умовах солі надходять у воду внаслідок взаємодії розчиненого у ній діоксиду вуглецю CO_2 з карбонатними мінералами (доломітами, вапняками) і хімічного вивітрювання та розчинення гірських порід. Джерелом кальцію та магнію є також стічні води силікатної, металургійної та хімічної промисловості, поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, які оброблялись мінеральними добривами, що містять кальцій.

Наявність у воді великої кількості солей кальцію та магнію є небажаною через те, що вода при цьому стає непридатною для господарських цілей: має місце перевитрата миючих засобів при пранні, багато тканин втрачають свою еластичність, погано розварюються овочі, погіршується їх смак, а також смак м'яса та інших продуктів.

Жорсткість поверхневих вод характеризується помітними сезонними коливаннями, досягаючи найбільшого значення в кінці зими, а найменшого – в паводок. Жорсткість підземних вод значно стабільніша. Загальна жорсткість як правило вище, ніж карбонатна, але для вод, що містять карбонати і бікарбонати натрію і калію, карбонатна жорсткість може бути вище ніж загальна.

Розрізняють карбонатну J_K , не карбонатну J_{HK} , кальцієву J_{Ca} , магнієву J_{Mg} та загальну жорсткість $J_{заг}$. Інформація щодо жорсткості, її видів та методів визначення взята з метрологічних рекомендацій для вищих учбових закладів [85].

Карбонатна жорсткість зумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію та магнію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ і $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, а не карбонатна – кальцієвих та магнієвих солей сильних кислот (CaCl_2 , MgCl_2 , CaSO_4 , MgSO_4 та ін.). Наявність солей кальцію зумовлює кальцієву жорсткість, а наявність солей магнію – магнієву.

Загальна жорсткість – це сума кальцієвої і магнієвої жорсткості:

$$J_{заг} = J_{Ca} + J_{Mg}, \quad (2.1)$$

або карбонатної і не карбонатної:

$$Ж_{\text{заг}} = Ж_{\text{к}} + Ж_{\text{нк}} \quad (2.2)$$

Найчастіше, в європейських країнах, жорсткість визначається у німецьких градусах ($^{\circ}\text{n}$). 1°n відповідає 10 мг оксиду кальцію в 1л води:

$$1 \text{ мг-екв/дм}^3 = 2,8^{\circ}\text{n};$$

$$1^{\circ}\text{n} = 0,357 \text{ мг-екв/дм}^3.$$

Одиниця виміру жорсткості води в Україні – ммоль/дм³ (мг-екв/дм³). Згідно із ДержСанПіН жорсткість питної води в Україні не повинна перевищувати 7 ммоль/дм³ [86].

Для полегшення аналізу якості вод у відповідності до загальної жорсткості, її умовно розділяють на категорії наведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Ранжування видів вод за одиницями вимірювання загальної жорсткості

Види вод за загальною жорсткістю	Німецькі одиниці вимірювання жорсткості, $^{\circ}\text{n}$	Українські одиниці вимірювання жорсткості, мг-екв/дм ³
Дуже м'яка	0,5	До 1,5
М'яка	5-10	1,5-3,0
Середньої жорсткості	10-15	3,0-6,0
Значно жорстка	15-20	-
Жорстка	20-30	6,0 -9,0
Дуже жорстка	Понад 30	Понад 9,0

Загальна жорсткість в ґрунтових і поверхневих водах, а також у питній воді встановлюється титриметричним методом (ISO 6059). Останній непридатний для мінералізованої та морської води.

Визначення загальної жорсткості ґрунтується на реакції іонів кальцію та магнію з трилоном Б, в результаті чого утворюються комплексні сполуки [87]. На закінчення реакції вказує зміна кольору індикатору еріохром-чорного з винно-червоного на синій. Внаслідок того, що іони Ca^{2+} і Mg^{2+} утворюють з трилоном Б малостійкі комплекси, титрування проводять у лужному середовищі, застосовуючи для цього буферну суміш гідроксиду амонію з хлоридом натрію (аміачний буферний розчин), що має рН = 10.

Визначення карбонатної жорсткості ґрунтується на реакції іонів HCO_3^- із соляною кислотою в присутності –індикатора суміші бромкрезолового зеленого і метилового оранжевого (ISO 9963-1).

В цьому дослідженні ми використовували не загальновживані [89], а експрес-методи дослідження загальної та карбонатної жорсткості води, через їх простоту використання та легко доступність звичайному користувачеві.

Оцінювання обраних параметрів досліджування виконувалося за допомогою рідинних експрес-тесту «Тест для визначення жорсткості води Aquatest GH-KH» від ТМ «Zoolek». Нижче наведено інструкцію до цього тесту, а також похибку вимірювання:

- 1) Промийте пробірку та шприц тричі досліджуваною водою.
- 2) Висушити пробірку.
- 3) Перед вимірюванням реагент та воду потрібно довести до кімнатної температури.
- 4) Візьміть шприц із 5мл тестової води і заливайте в пробірку до позначки 5ml.
- 5) Почніть додавати краплі, вони повинні попадати безпосередньо в тестову воду і не падати на стінки пробірки. Після додавання кожної краплі легко перемішувати розчин, до зміни кольору як на шкалі кольорів.

Порахуйте кількість крапель до досягнення зміни кольору. Загальна кількість крапель дорівнює кількості жорсткості в німецьких градусах °n.

Лише повні краплі гарантують точність вимірювання (неповні краплі слід знімати з крапельниці шматком тканини).

- 6) Найбільш точні визначення через легке спостереження за зміною кольору індикатора отримують від 5 до 20 крапель у 5мл води. У випадку дуже м'якої води для тестування можна взяти зразок 10 мл, тоді одна крапля еквівалентна 0,5° n.

У випадку жорсткої та дуже жорсткої води можна взяти зразок 2,5 мл, одна крапля в якій буде еквівалентна 2° n.

- 7) У випадку води з рН нижче 6 визначення карбонатної жорсткості безглуздо, оскільки результат у цьому випадку завжди буде близьким до нуля.
- 8) Помилка читання вимірювань складає $\pm 1^\circ$ п в результатах аналізу.

2.3. Методики визначення хлору у воді

Найважливішим етапом очистки води є знезараження питної води, яке, серед всіх технологічних процесів водопідготовки, є найбільш важливим з точки зору профілактики різноманітних захворювань. Починаючи з 1896 р. і до теперішнього часу метод знезараження води хлором є найбільш поширеним методом боротьби з бактерійним забрудненням води в Україні.

В Україні для знезаражування вод застосовують хлор-газ (98 %), гіпохлорид натрію (1,1 %), в невеликій кількості діоксид хлору, озон та інші реагенти та технології (0,9 %) [90].

Хлорування характеризується широким спектром антимікробної дії у відношенні вегетативних форм мікроорганізмів, економічністю, простотою технологічного оформлення, наявністю способу оперативного контролю за процесом знезараження. Відповідно до сучасних уявлень, для активного хлору характерним є комплексний характер його впливу на різні структури мікроорганізму: цитоплазматичну мембрану, білки цитоплазми, ядерний апарат клітини. Встановлено, що хлор знищує ферменти дихального ланцюга бактерій. Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози і тривалості контакту з водою. Частіше за все на руйнування клітин витрачається лише незначна частина хлору. Більша частина хлору йде на реакцію з різноманітними органічними і мінеральними домішками, які містяться у воді [91].

Лабораторії водопровідних станцій країни здебільшого використовують стандарти, розроблені в зв'язку з гармонізацією української нормативної бази до європейських вимог. До цих стандартів відносяться:

1) ДСТУ ISO 7393 - 1: 2003. Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 1: Титрометричний метод із застосуванням N,N-діетил-1,4-фенілендіаміну (ISO 7393/1 - 1985, IDT)".

Метод дозволяє визначити незв'язаний хлор та загальний хлор, який міститься у воді. Його застосовують до концентрацій загального хлору (Cl_2) від 0,0004 ммоль/дм³ до 0,07 ммоль/дм³ (від 0,03 мг/дм³ до 5 мг/дм³) та для вищих концентрацій розведенням проб. Реакція з N,N-діетил-1,4-фенілендіаміном (ДФД) призводить до утворення сполуки червоного кольору з рН від 6,2 до 6,5. Титрування за допомогою стандартного розчину амонієвогалогенідових (II) галунів потрібно проводити до зникнення червоного забарвлення [92].

2) ДСТУ ISO 7393 - 2: 2004. Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 2: «Колориметричний метод із застосуванням N,N-діетил-1,4-фенілендіаміну для поточного контролювання (ISO 7393 - 2: 1985, IDT)". Метод дозволяє визначити незв'язаний хлор та загальний хлор у воді. Він базується на прямій реакції незв'язаного хлору з ДФД з утворюванням червоної сполуки у межах рН 6,2 - 6,5. Інтенсивність забарвленості визначають візуальним порівнянням її зі шкалою еталонних скляних зразків або спектрометрично [93].

3) ДСТУ ISO 7393 - 3: 2004. Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 3: «Метод йодометричного титрування для визначення загального хлору (ISO 7393 - 3: 1990, IDT)». Даний метод використовують для визначання загального хлору у воді. Його застосовують для визначання концентрації хлору (Cl_2) від 0,01 мкмоль/дм³ до 0,21 мкмоль/дм³ (від 0,71 мг/дм³ до 15 мг/дм³).

Сутність методу полягає у взаємодії загального хлору з йодидом калію в кислому середовищі з виділенням незв'язаного йоду, який відразу ж відновлюється відомим надлишком стандартного розчину тіосульфату, попередньо доданого до розчину та у титруванні надлишку тіосульфату стандартним розчином йодату калію. Титрування проводять стандартним титрованим розчином йодату калію, доки не з'явиться постійний блакитний колір, що не зникає принаймні протягом 30 с.

Окислення йодид-іону до йоду відбувається не тільки завдяки хлору. Залежно від концентрації та хімічного потенціалу, окислення спричиняють всі окислювачі [94].

Оцінювання обраних параметрів досліджування виконувалося за допомогою рідинних експрес-тестів, які можна знайти на загальнодоступних торгових площадках. Це зокрема «Експрес-тест для визначення вільного та загального хлору у воді» - ТМ «Rikka». Нижче наведено інструкцію до цього тесту, а також похибку вимірювання:

- 1) Тричі промити пробірку та шприц водою, яку будете тестувати.
- 2) Додати до мірного флакона 5мл води що тестується.
- 3) Додати до води, що тестується, 5 крапель реагенту №1 та інтенсивно збовтати.
- 4) Додати 5 крапель реагенту №2 (вільний хлор).
- 5) Зачекати 3 хвилини та порівняти колір з кольоровою шкалою що додається.
- 6) Додати 5 крапель реагенту №3 (загальний хлор).
- 7) Зачекати 3 хвилини та порівняти колір з кольоровою шкалою що додається.
- 8) Для отримання точного результату температура води що тестується, повинна бути $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$, а температура в приміщенні – не нижче 20°C .
- 9) Помилка читання вимірювань складає $\pm 0,2$ мг/л в результатах аналізу.

2.4. Методики визначення органолептичних показників – запаху і смаку води

Чисту воду нерідко описують як прозору рідину без запаху, яка має освіжаючий смак. Проте державними стандартами якості води України визначено, що чиста та придатна до пиття вода не має ані запаху, ані смаку.

Запах і смак води - це ознака вмісту в ній певних речовин, які виступають причиною появи цих показників. Запах і смак природних вод зумовлені розчиненими солями, газами і органічними сполуками, що утворюються в процесі

життєдіяльності водних організмів. Природна вода набуває запаху і смаку через розчинені в ній мінеральні і органічні сполуки, що потрапляють у воду природним шляхом. Через евтрифікацію (цвітіння) водойм і гниття в них органічних речовин в воду виділяються пахучі сполуки (наприклад, сірководень). Також, іноді у воді містяться хлорфеноли, що додають їй поганий запах і сприяє тому, що вона стає непридатною до вживання. Отже, запах викликають леткі пахучі речовини. Запах води характеризується видами запаху (табл. 2.2) та інтенсивністю запаху (табл. 2.3). На запах води впливає вміст розчинених речовин, температура, значення рН і деякі інші фактори.

Таблиця 2.2

Класифікація запахів природного походження [95]

Позначення запаху	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Мулистий, багnistий
Г	Г нильний	Фекальний
Д	Деревинний	Запах мокрої тріски, деревинної кори
З	Землистий	Прілий, запах свіжозораної землі, глинистий
П	Пліснявий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Запах риб'ячого жиру, риби
С	Сірководневий	Запах протухлих яєць
Т	Трав'янистий	Запах скошеної трави, сіна
Н	Невизначений	Запахи природного походження, які не підходять під попередні визначення

За походженням запахів їх розділяють на дві групи:

- запахи природного походження, причиною яких є живі і відмерлі у воді організми, загниваючі рослинні залишки, специфічні сполуки, що виділяються деякими водоростями і мікроорганізмами (табл. 2.2);

- запахи штучного походження, обумовлені деякими домішками промислових стічних та водопровідних вод (фенольний, хлорфенольний, камфорний, бензинний,

хлорний тощо).

Основними причинами [96] виникнення запаху і смаку у воді є:

- Гниючі рослини (водорості та водні рослини) можуть надавати воді рибний, трав'яний, гнильний запах.
- Грибки і пліснява викликають виникнення цвілого, землистого або затхлого запаху і присмаку. Тенденція до розмноження цих мікроорганізмів виникає в місцях застою води і там, де вода може нагріватися (наприклад, в системах водопостачання великих будинків з накопичувальними ємностями).
- Залізисті і сірчисті бактерії виділяють продукти життєдіяльності, які при розкладанні створюють різкий неприємний запах.
- Продукти корозії Феруму, Мангану, Купруму та Цинку надають воді характерний різкий присмак.
- Натрій хлорид у невеликих концентраціях надає воді певний смак, які більшість людей вважають звичайним. Однак зі зростанням концентрації NaCl виникає солонуватий, а потім і різко солоний смак.
- Промислові відходи, що містяться в стічних водах промислового виробництва, можуть викликати сильний лікарський або хімічний запах води. Зокрема, проблемою є фенольні сполуки, які під час хлорування води перетворюються на хлорфенольні сполуки з характерним запахом.
- Хлорування води. Всупереч широко поширеній думці, сам хлор при правильному використанні не викликає виникнення помітного запаху або присмаку. Поява ж такого запаху/присмаку свідчить про передозування під час хлорування. У той же час, хлор здатний вступати в хімічні реакції з різними розчиненими у воді речовинами, утворюючи при цьому сполуки, які і надають воді запах і присмак "хлорки".

Смак води визначається розчиненими в ній речовинами органічного та неорганічного походження і розрізняється за характером і інтенсивністю. Розрізняють чотири основних види смаку: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Всі інші різновиди смакових відчуттів називаються присмаками (лужний, металевий, терпкий і т. п.). Якісну характеристику присмаків виражають описово: хлорний,

рибний тощо. Солоний смак води в більшості випадків обумовлений розчиненим в ній Натрій хлоридом, гіркий - Магній сульфатом, кислий - надлишком розчиненої карбонатної кислоти. Чорнильний і залізистий присмаки надають воді розчинені в ній солі Феруму і Мангану, лужний - сода і луги, в'язучий - Кальцій сульфат. Погіршення смакових якостей води можуть викликати також присутні в ній органічні речовини [95].

Найчастіше питна вода не має смаку. Води підземних джерел можуть мати солонкуватий або гірко-солонкуватий смак завдяки підвищеному вмісту солей. Поріг смакового сприйняття сольових добавок у воді різний.

Інтенсивність запаху води визначають органолептичним шляхом при 20°C і 60°C і виражають в балах (табл.2.3).

Таблиця 2.3

Визначення інтенсивності запаху води

Інтенсивність запаху, бал	Характеристика	Описові визначення
0	Запаху немає	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах, який не помічається споживачем, але виявляється досвідченим дослідником
2	Слабкий	Запах, який не привертає уваги споживача, але виявляється ним, якщо звернути увагу на нього
3	Помітний	Запах, який легко виявляється і може дати привід відноситися до води з незадоволенням
4	Виразний	Запах, який звертає на себе увагу і вода стає неприємною для споживання
5	Дуже сильний	Запах сильний настільки, що робить воду непридатною для споживання

Інтенсивність смаку і присмаку визначають органолептичним методом при 20 °C і оцінюють за п'ятибальною шкалою (табл. 2.3). Воду джерел, сумнівних в санітарному відношенні, перед випробовуванням необхідно прокип'ятити.

Визначення речовин, які обумовлюють запахи і смаки природних вод, можливо здійснювати інструментальними методами. Зокрема, запахи води можна визначати методами газорідинної хроматографії, інфрачервоної спектроскопії, ядерно-магнітного резонансу, ультрафіолетової спектроскопії. Наприклад, в екстракті культур синьо-зелених водоростей знайдено до 50 видів різноманітних сполук, з них легколетючими є три речовини. З актиноміцетів вилучено та ідентифіковано індивідуальні речовини, які надають воді землистий запах (геосмін) і затхлий запах (муцилон) [96].

Нормування показників запаху і смаку питної води здійснюється у відповідності до відповідних нормативів, які наведено в табл. 2.4. Аналіз наведених даних свідчить про те, що Українське законодавство встановлює найжорсткіші нормативи цих показників.

Таблиця 2.4

Нормативи запаху та смаку води

Країна / нормативний документ	Норматив запаху (60 °C), бал	Норматив смаку (20 °C), бал
Україна, ДСанПін 2.2.4-171-10	2	2
ВООЗ	Не нормується	
США	3	—
ЄС (Директива 98/83/ЄС)	Прийнятний для споживачів без аномальних змін	

2.5. Методи вимірювання водневого показнику рН води

Водневий показник, або значення рН є показником концентрації іонів водню (H^+), що дозволяє визначити рН води. Коли: $pH = 7$ – вода нейтральна; $7 < pH < 14$ – вода лужна, чим лужніше, тим вище рН; $0 < pH < 7$ – вода кисла (кислотна); чим кисліше, тим нижче рН.

Реакція води істотно впливає на вплив деяких шкідливих речовин. Наприклад: іон NH_4^+ при рН нижче 7,5 не токсичний, тоді як при рН вище 8,5, він перетворюється на високотоксичний NH_3 аміак.

В Україні рН вимірюють відповідно до ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначання рН. Стандартним методом визначення водневого показнику є потенціометричне визначення рН - електрометричний метод визначення активності іонів гідрогену у вигляді водневого показника рН, що базується на вимірюванні різниці потенціалів, які виникають на межі зовнішньої поверхні рН-селективної мембрани скляного електрода і випробовуваним розчином, з одного боку, та внутрішньої сторони мембрани і стандартним розчином кислоти — з іншого за умов нульового значення струму в колі. На практиці рН здійснюють шляхом вимірювання різниці потенціалів кола з перенесенням іонів, складеного зі скляного рН-електрода, оборотного до активності іонів гідрогену, та хлоридосрібного електрода порівняння, насиченого хлоридом калію [97].

Оцінювання рН під час виконання цієї роботи виконувалося за допомогою рідинних експрес-тестів, які можна знайти на загальнодоступних торгових площадках, а саме «Тест для визначення водневого показника води Aquatest рН» від ТМ «Zoolek». Нижче наведено інструкцію до цього тесту, а також похибку вимірювання:

- Тричі промити пробірку та шприц водою, яку будете тестувати. Наповнити пробірку 5мл тестової води за допомогою шприца.
- Додати 3 краплі індикаторного розчину у пробірку з тестовою водою та перемішати, струшуючи, щоб одержати рівномірний колір.
- Порівняти отриманий колір в пробірці зі смугами шкали кольорів, що відповідають певному показнику, і прочитайте результат. Колір зразка слід оцінювати при проходженні денного світла або при денному освітленні, тримаючи відкриту пробірку над білою поверхнею.
- Похибка зчитування результатів вимірювання складає: 0,2 одиниці.

3.6. Висновки до розділу

Опрацьовано методики дослідження гідрохімічних та органолептичних показників якості води: експертний метод оцінювання інтенсивності та природи запаху, титрометричний метод дослідження жорсткості, титрометричний, колориметричний та йодометричний методи визначення хлору, метод прямої потенціометрії (визначення рН), а також методи відбору проб води.

Для визначення обраних хімічних показників якості води, а саме: вільного та загального хлору, карбонатної та загальної жорсткості, водневого показнику рН – було обрано рідинні тест-методи, які вільно-доступні на ринку та відповідають вимогам дослідження, тобто дають побачити наявність або відсутність ефекту природних мінералів на проби води.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Теоретичні основи експерименту

Метою експерименту є перевірка ефективності очищення води обраними природними мінералами – шунгітом, цеолітом та кремнієм; в разі якщо їх використання ефективне - розробка фільтру для питної води на основі мінеральних сорбентів; пошук ліпшого розміщення фільтраційного (сорбційного) матеріалу у колбах фільтру; розробка та перевірка ефективності роботи фільтру.

Об'єкт дослідження – ефективність очищення води для питних потреб при використанні природних мінеральних сорбентів.

Предмет дослідження – мінеральні сорбенти та їх взаємодія з фізико-хімічним складом води.

Для оцінювання ефективності очищення води природними мінералами, що вивчались, виконували експеримент у статичному режимі, щоб зрозуміти можливості використання цих природних адсорбентів для очищення води на стадії відстоювання. Було виділено декілька рівнів гіпотез експерименту:

Головні гіпотези (H):

1) Якість води після очищення $>$ якість води до очищення; ефективність очищення $\geq 90\%$

2) Після настоювання(очищення) у води поліпшується водневий показник – наближається до нейтрального, у випадку якщо він таким не був до очищення (настоювання)

3) Очікуване розміщення колб «вхід-кремінь-цеоліт-шунгіт-вихід»

Нульова гіпотеза (H_0):

1) Показники якості води після очищення дорівнюватимуть показникам якості води перед очищенням;

2) Показники якості води після очищення дорівнюватимуть показникам якості води контрольного зразка.

Альтернативна гіпотеза (H_1): Якість води після очищення < якість води до очищення: вода після очищення має гірші властивості ніж до очищення.

Ступінь очищення води природними мінералами, що вивчалися, досліджували у статичному та динамічному режимах, щоб зрозуміти можливості використання їх як природного адсорбенту для очищення води.

Експеримент з виявлення та оцінювання ефективності очищення води природними мінералами було поділено на декілька стадій:

1) Статичне дослідження ефективності доочищення води для питних потреб мінеральними сорбентами. Мета: виявити закономірності впливу природних мінералів – шунгіту, цеоліту та кремнію, на воду під час відстоювання, виявити з них найбільш ефективні; порівняти ефективність доочищення води з різних джерел – муніципального водопроводу (Київводоканал, хлорована) та приватного водопроводу (свердловина глибиною близько 40м, не хлорована).

2) Статичне дослідження ефективності доочищення води шунгітом. Мета: виявити оптимальний спосіб підготовки шунгітової породи.

3) Дослідження ефективності доочищення води за допомогою дослідної динамічної установки (фільтру) виконане в атестованій лабораторії. Мета: довести ефективність або неефективність використання природних мінеральних сорбентів в якості основного матеріалу фільтрів для доочищення води.

3.2. Визначення варійованих чинників експериментального дослідження

Для ефективного аналізу механізму явищ і процесів, що протікають у досліджуваному об'єкті, потрібно виявити взаємозв'язок чинників які визначають хід процесу і представити їх у кількісній формі – у вигляді математичної моделі. Така модель є математичним відображенням найбільш істотних сторін процесу [98].

Представлення об'єкта у вигляді такої схеми базується на принципі «чорного ящика». Тобто ми маємо наступні групи параметрів:

1) керівні (вхідні) параметри X_i , які називаються факторами. В якості основних досліджуваних факторів ми обираємо карбонатну та загальну жорсткість, вільний та загальний хлор, водневий показник та запах води. Ці параметри найповніше характеризують якість водопровідної води, як такої що вже пройшла попереднє повне очищення на станції водопідготовки та задовольняє діючим стандартам. Такі показники вказують на здатність води утворювати мильні розчини, утворювати накип, засвоєння організмом людини води, тощо;

2) вихідні параметри Y_i , які називаються параметрами стану. Основним таким параметром є ефективність очищення води по кожному з керівних параметрів, тобто: ефективність зниження карбонатної та загальної жорсткості води; ефективність очищення води від вільного та загального хлору; ефективність нейтралізації води (зниження водневого показнику до нейтрального рівня, ± 7 одиниць);

3) Z_i – впливи, неконтрольовані чинники, впливом яких у цьому експерименті нехтують. До неконтрольованих чинників досліджень було віднесено такі чинники, як:

а. джерело води (бювет, водопровід, джерело, бутильована вода, дощова вода). Причиною цього є визначені джерела води, а саме водопровідна вода, тобто вода з-під крану, яка в свою чергу є основним ресурсом для доочищення у споживача;

б. вміст заліза загального та вільного, нітритів, нітратів, пестицидів, амонію, алюмінію, мікробіологічних показників також не включається в основні вхідні параметри, через те що основним джерелом води в експерименті було обрано водопровідну воду, яка була попередньо повністю очищена на водозабірній станції, а отже приймаємо що всі вище описані параметри знаходяться в допустимих межах нормативних значень;

в. час взаємодії не досліджувався, так як у виборі часу впливу та швидкості протікання під час проведення досліджень ми керувалися наявними інструкціями виробників мінералів, а також науковими наробками інших вчених;

Г. вплив навколишнього середовища на процес очищення: температура, сонячне світло, атмосферний тиск, тощо так, як вимірювання проводилися за нормальних умов.

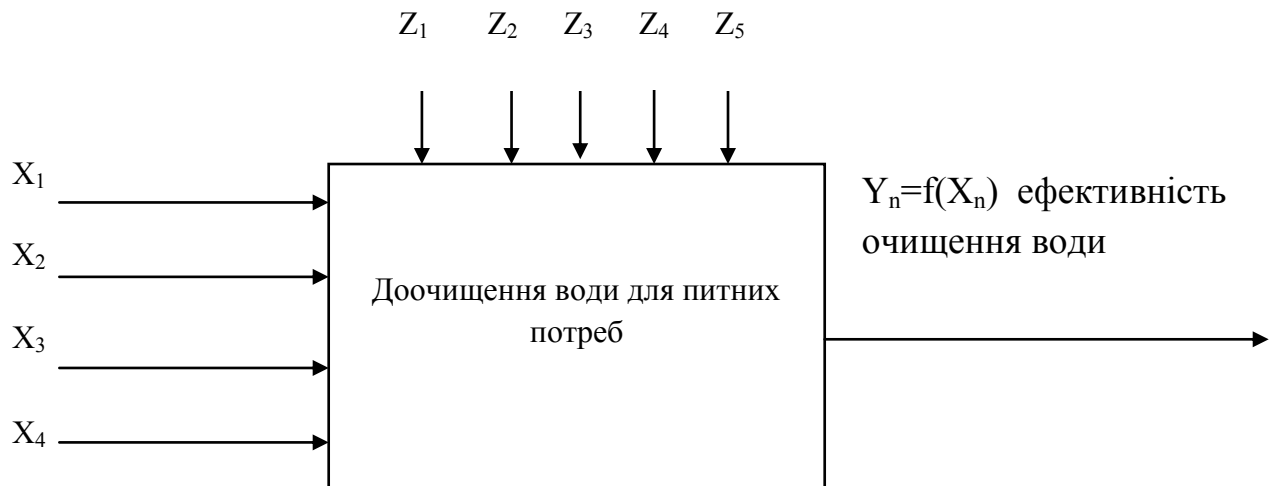


Рис. 3.1. Планування факторного експерименту досліджуваного процесу

На рис 3.1 представлена візуалізована схема математичної моделі для експерименту з оцінки ефективності очищення води для питних потреб природними мінеральними сорбентами, на якій:

- X_1 , X_2 , X_3 , X_4 - контрольовані фактори (чинники) експерименту: карбонатна та загальна жорсткість води; вільний (незв'язаний) та загальний хлор у воді; водневий показник рН води; запах води.

- Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 - неконтрольовані фактори (чинники) експерименту, а саме: джерело води (бювет, водопровід, джерело, бутильована вода, дощова вода); вміст заліза загального та вільного, нітритів, нітратів, пестицидів, амонію, алюмінію, мікробіологічних показників; час взаємодії; фактори впливу навколишнього середовища на процес очищення: температура, сонячне світло, атм. тиск, тощо.

- Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 , Y_5 - параметри оптимізації, тобто цільові функції експерименту: ефективність зниження карбонатної та загальної жорсткості води; ефективність очищення води від вільного та загального хлору; ефективність

нейтралізації води (зниження водневого показнику до нейтрального рівня, +/- 7 одиниць).

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами показується функцією відгуку $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$, яку подано у вигляді рівняння (3.1):

$$Y_n = f(X_n) = \eta = \frac{X_{\text{поч}} - X_{\text{кін}}}{X_{\text{поч}}}, \quad (3.1)$$

де $X_{\text{поч}}$ – початкова концентрація компонента, $X_{\text{кін}}$ – кінцева концентрація компонента після очищення, η – ефективність сорбції.

У відповідності до математичної моделі експерименту було створено план досліджень, який включає наступні етапи роботи:

1) Аналіз метаданих досліджень інших вчених та дослідників а також патентної бази різних країн світу для пошуку перспективних природно-мінеральних матеріалів, які можуть бути використані у якості фільтруючої засипки.

2) З метою виявити закономірності впливу природних мінералів – шунгіту, цеоліту та кремнію, на воду під час відстоювання та встановити які з мінералів є найбільш ефективні, а також порівняти ефективність доочищення води з різних джерел – муніципального водопроводу (Київводоканал, хлорована) та приватного водопроводу (свердловина глибиною близько 40м, не хлорована) проведемо дослідження ефективності доочищення води для питних потреб мінеральними сорбентами за статичних умов, тобто під час відстоювання.

3) З метою дослідити як впливає різний спосіб підготовки шунгітової породи та умови освітлення на ефективність очищення води цим природним мінералом - статичне дослідження ефективності доочищення води шунгітом.

4) Для того аби довести ефективність або неефективність використання природних мінеральних сорбентів в якості основного матеріалу фільтрів для доочищення води створимо та проведемо випробування модельного фільтру на основі досліджених мінералів, вимірювання виконає атестована гідрохімічна лабораторія.

3.3. Дослідження ефективності доочищення води за статичних умов шунгітом, цеолітом та кремнієм

Для оцінки ефективності очищення води природними мінералами в процесі відстоювання було обрано 5 показників якості: вільний та загальний хлор, загальна та карбонатна жорсткість та водневий показник рН. Ці показники характеризують придатність води для технічних та питних потреб, зокрема визначають швидкість перебігу хімічних та біохімічних реакцій, є передумовою можливості утворення мильних розчинів, появи накипу на стінках нагрівних приладів, появи неприємного смаку та запаху, тощо.

Оцінювання обраних параметрів виконувалося за допомогою рідинних експрес-тестів, які можна знайти на загальнодоступних торгових площах. Це «Експрес-тест для визначення вільного та загального хлору у воді» - ТМ «Rikka», «Тест для визначення жорсткості води Aquatest GH-KH» та «Тест для визначення водневого показника води Aquatest pH» від ТМ «Zoolek». Інформацію щодо інструкцій поданих експрес-тестів див. в розділі 2.

Було складено план першого етапу експерименту, що включає наступні кроки:

1) Досліджувана вода:

а. Муніципальна водопровідна холодна вода з-під крану у приватному житловому господарстві (квартирі) за адресою м. Київ, вул. Ломоносова 54-А.

б. Приватна (з власної свердловини) водопровідна холодна вода з-під крану у відділі охорони праці і екологічної безпеки на території ВАТ «Меридіан» Ім. С.П. Корольова за адресою м. Київ, бульвар Вацлава Гавела, 8, к 20.

2) Використовувані природні мінерали: шунгіт, цеоліт, кремнієвий суміш.

3) Попередній контроль води здійснювався на етапі відбору проб води у досліджувані ємності. Вода перевірялася на шість обраних показників – жорсткість карбонатна і загальна, хлор вільний і загальний, рН та запах; по 3 повторювання вимірювання.

4) В п'ять чистих, полоснутих окропом скляних прозорих банки було наливо по 2 літри холодної води з-під крану. Банки були промарковані написами: «Шунгіт», «Цеоліт», «Кремій», «ШЦК», «Контроль» з позначенням дати початку експерименту.

5) Природні мінерали, а саме: шунгіт, цеоліт та кремій було попередньо промито в воді відповідно до інструкцій виробника. Умовно чисті мінерали були розфасовані по відповідним ємностям (банкам) відповідно до маркування останніх: до «Шунгіт» - 100г шунгіту, до «Цеоліт» - 200г цеоліту, до «Кремій» - 15г кремнію, до «ШЦК» - 33г шунгіту, 67г цеоліту та 3,5г кремнію; до «Контроль» - мінеральні сорбенти не вносилися. Після внесення мінералів ємності щільно закупорювалися пластиковими кришками, струшувалися та ставилися у тепле місце (температура повітря близько 20° Цельсія) з мінливою освітленістю, без впливу прямих сонячних променів. Струшування закритих ємностей відбувалося щодня протягом терміну експерименту.

6) На четверту добу виконувався медіанний (серединний) контроль експерименту. З кожної з п'яти ємностей відбиралась проба 60мл, яку оцінювали по шести показникам. Повторюваність така сама як в попередньому контролі – 3 рази.

7) На сьому добу виконувався кінцевий контроль, так само як і медіанний. Данні були занесенні до табл. Б.1.

Крім оцінювання зміни описаних вище показників виконувались також експертні оцінки інтенсивності та походження запаху води, середні результати яких для обох джерел представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Зміна інтенсивності та виду запаху води з перебігом часу протягом 7 діб

Точка оцінювань	Тип мінерального сорбенту	Кодування запаху (інтенсивність-природа)	
		Вода з муніципального водопроводу	Вода з приватного водопроводу (скважина 40м)
1	2	3	4
Нульовий день експерименту	Контроль	2-Хлорний	Відсутній

1	2	3	4
Медіана експерименту	Шунгіт	2-Болотний	3-Пліснявий
	Цеоліт	Відсутній	3-Земельний
	Кремій	Відсутній	1-Пліснявий
	ШЦК	Відсутній	4-Болотний
	Контроль	Відсутній	Відсутній
Останній день експерименту	Шунгіт	4-Затхлий	5-Пліснявий
	Цеоліт	3-Ароматичний	3-Ароматичний
	Кремій	Відсутній	2-Пліснявий
	ШЦК	3-Затхлий	4-Пліснявий
	Контроль	Відсутній	2-Пліснявий

Закінчення таблиці 3.1

Як можна побачити з часом змінюється не тільки інтенсивність, а й природа запаху води, що може свідчити про різні хімічні та біологічні процеси, які протікають у пробах води. Так, з часом проба з цеолітом змінила свій запах з мулисто-вапнякового третього дня на свіжий ароматичний на останній день експерименту. Проби із шунгітом з часом набували сильного гнильного та пліснявого аромату, що свідчить про бурхливий розвиток бактерій або гнильних процесів у цій воді.

Для наочності зміни інших вимірюваних показників якості води було побудовано графіки зображені на рис. 3.2 - 3.6.

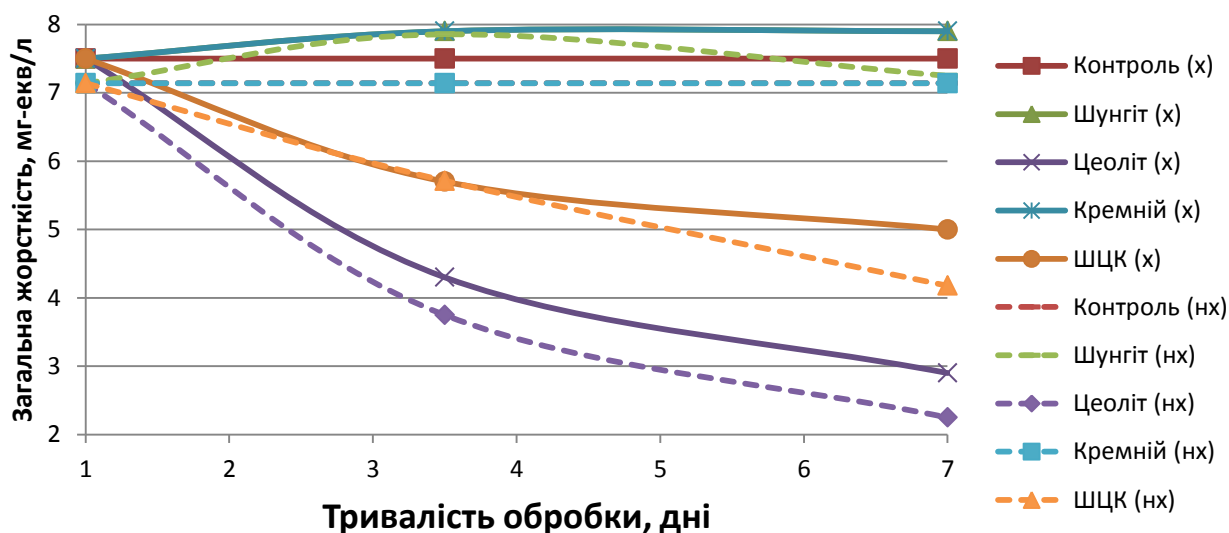


Рис. 3.2. Зміна загальної жорсткості хлорованої (х) та не хлорованої (нх) води з перебігом часу протягом 7 діб

Як видно з рис. 3.2 найвищий ефект на зміну загальної жорсткості має цеоліт, вплив якого залежить від використовуваної води: не хлорована вода зазнала більшого пом'якшення відносно хлорованої. Загальна різниця від початку склала 4,8 мг-екв/л для не хлорованої та 4,6 мг-екв/л для хлорованої.

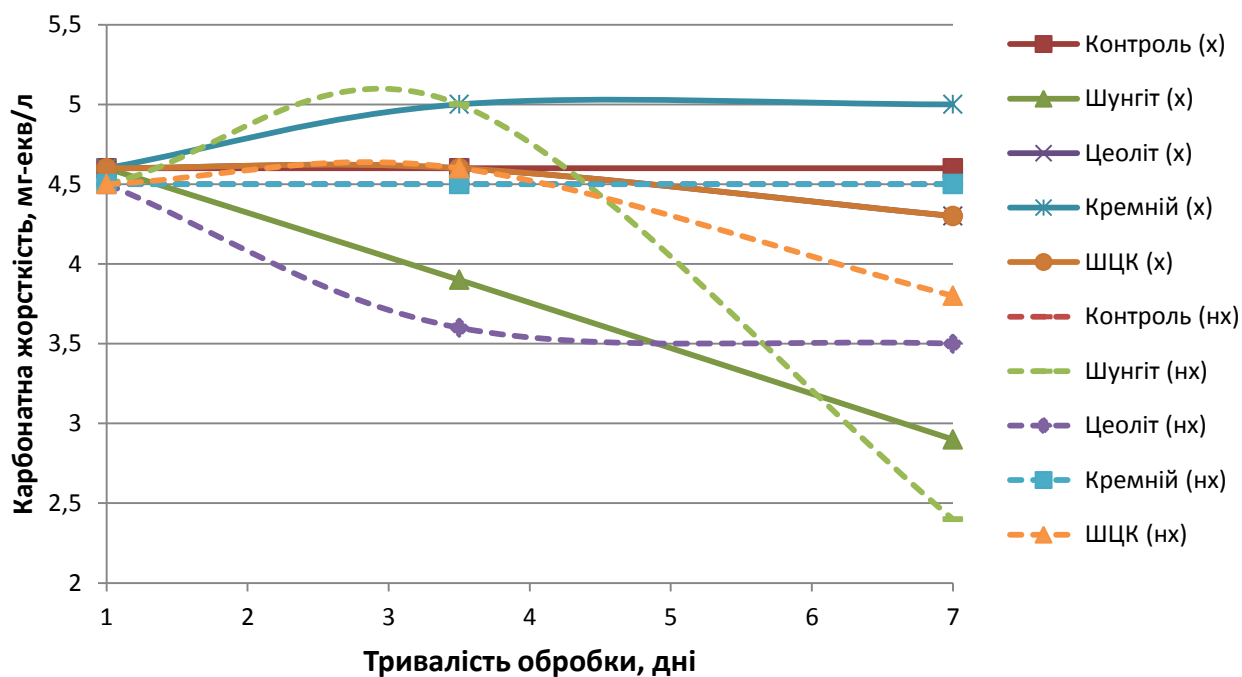


Рис. 3.3. Зміна карбонатної жорсткості хлорованої (х) та не хлорованої (нх) води з перебігом часу протягом 7 діб

Досліджені мінерали помітно хоч і несильно пом'якшують воду, зокрема шунгіт сприяє стійкому зниженню карбонатної жорсткості як хлорованої так і не хлорованої води, а цеоліт ефективніше пом'якшує не хлоровану воду, ніж хлоровану та знижує жорсткість на 22,4% та 7,69% відповідно. Отже, можна ранжувати мінерали за їх впливом на карбонатну жорсткість наступним чином: найбільший вплив має шунгіт, потім цеоліт та суміш мінералів. Кремій (кремній) на карбонатну жорсткість впливу не чинить.

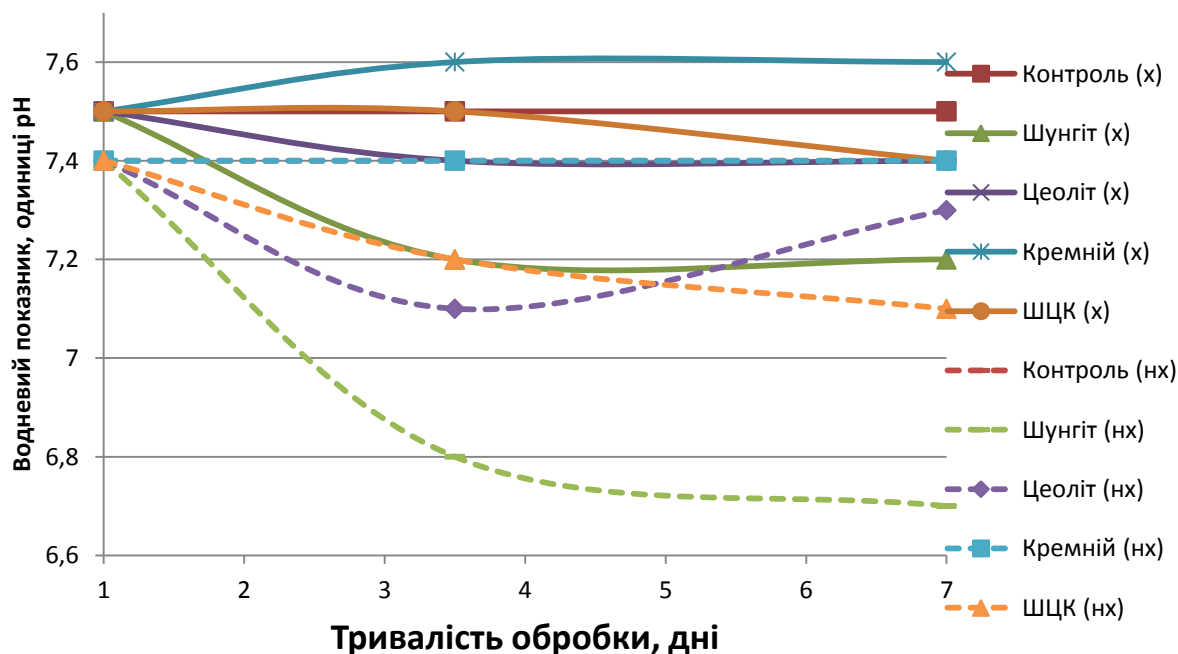


Рис. 3.4. Зміна водневого показнику хлорованої (х) та не хлорованої (нх) води з перебігом часу протягом 7 діб

Різні природні мінерали чинять різну і вибіркову дію на хімічні показники, зокрема на загальну та карбонатну жорсткість, на водневий показник рН (див. рис. 3.4). Для максимально-ефективного практичного використання природних мінералів у фільтраційних установках їх слід використовувати у вигляді сумішей, або у вигляді багатоступеневих систем.

Водневий показник хлорованої води в меншому ступені піддається зміні в наслідок впливу мінеральних сорбентів, ніж рН не хлорованої води. За рахунок впливу шунгіту на не хлоровану воду у процесі відстоювання досягається зниження до 0,7 одиниць рН за 7 діб, хоча всі значення знаходяться в межах нормативних значень згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-1 [86].

Як можна побачити на рис. 3.5 від загального хлору вода успішно самоочищається сама, хоча використання природних мінералів як в суміші так і поодинокі пришвидшує цей процес в два рази.

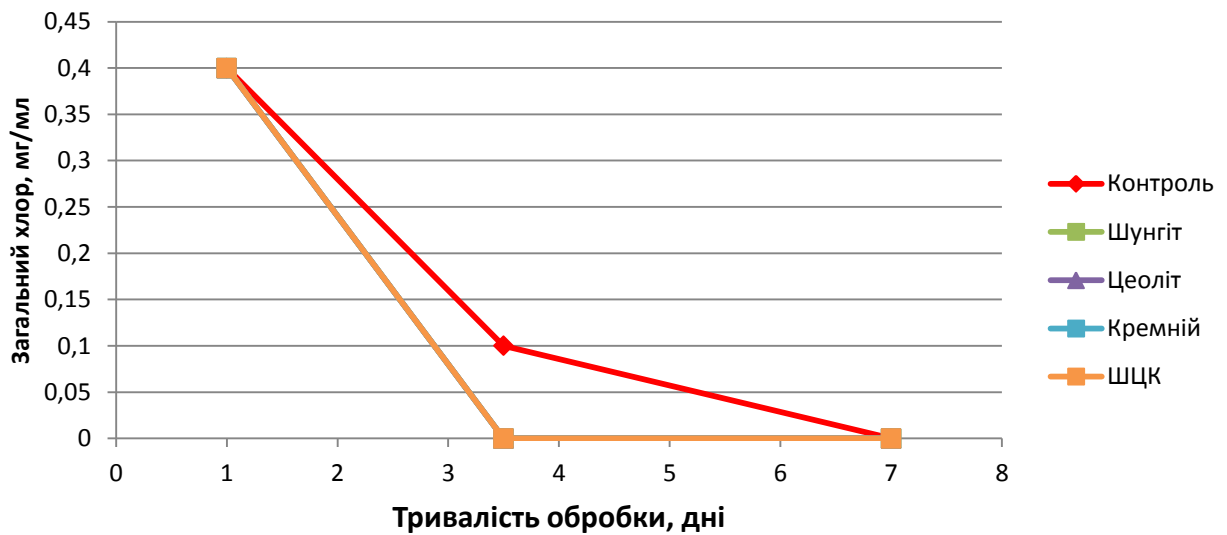


Рис. 3.5. Зміна загального хлору води з муніципального водопроводу з перебігом часу протягом 7 діб

На основі представлених вище результатів було обраховано ефективності очищення води з різних джерел обраними природними мінералами на основі отриманих експериментально даних. Результати розрахунків подано у вигляді графіку, який зображено на рис. 3.6.

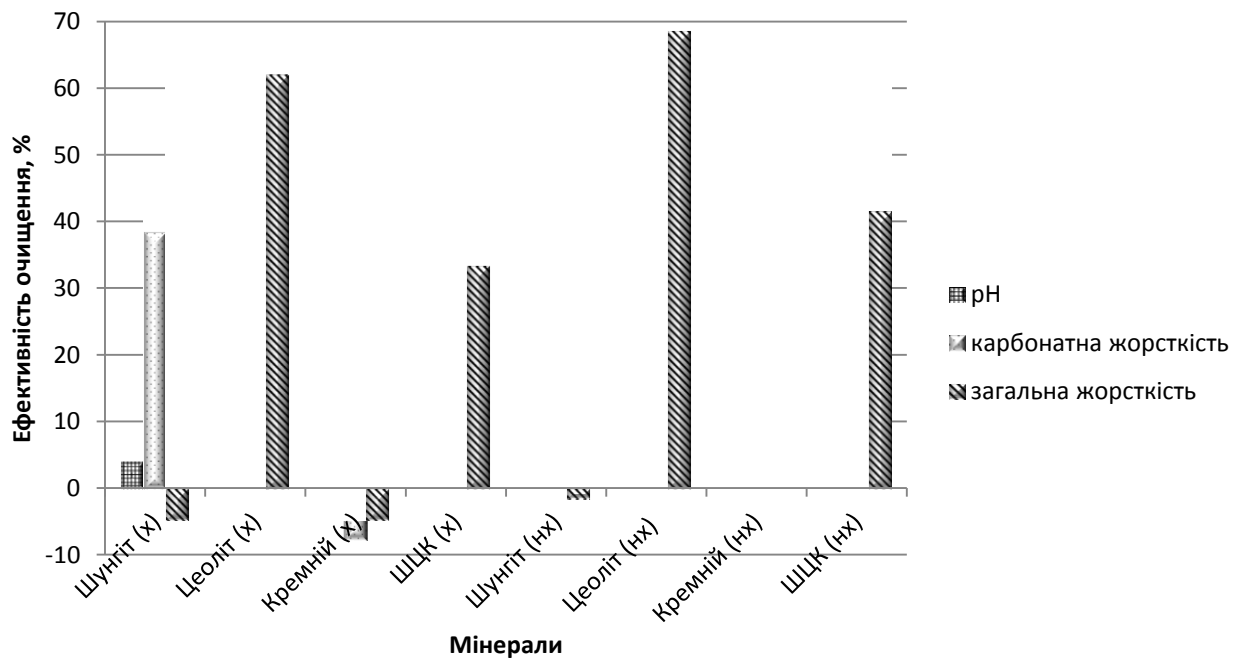


Рис. 3.6. Зміна ефективності очищення хлорованої (x) та не хлорованої (nx) води природними мінералами

Було проаналізовано подані вище розрахункові значення ефективності очищення води природними мінеральними сорбентами: кремій не чинить впливу на нехлоровану та погіршує якість хлорованої води; шунгіт і цеоліт, а також їх суміш, здебільшого мають позитивний ефект на якість води. При цьому спостерігається певна диференційованість мінералів до фізико-хімічних показників якості води – цеоліт має виражений вплив на водневий показник, а шунгіт – на карбонатну жорсткість.

3.4. Дослідження ефективності доочищення води шунгітом

Для знаходження кращого способу підготовки та використання шунгіту в фільтруючих установках було проведено другий етап статичного експерименту, який був направлений на дослідження ефективності очищення (оптимізації параметрів якості) води шунгітом різної попередньої обробки та за різних умов відстоювання. Оцінювалось 4 показники якості: запах, загальна та карбонатна жорсткість та водневий показник рН. Оцінювання обраних параметрів виконувалося за допомогою таких самих рідинних експрес-тестів, як і на першій стадії експерименту.

План другого етапу експерименту мав такий вигляд:

1) Досліджувана вода – холодна вода з-під крану, який знаходиться у другому корпусі, гідрохімічній лабораторії ВАТ «Меридіан» ім. С.П. Корольова за адресою м. Київ, бульв. Вацлава Гавела, 8. Водопровідна мережа підприємства використовує воду із свердловини глибиною 40-70м.

2) Використовувані в експерименті природні мінерали: шунгіт.

3) Попередній контроль води здійснювався на етапі відбору проб води у досліджувані ємності. Вода перевірялася на 6 обраних показників – жорсткість карбонатна і загальна, хлор вільний і загальний, рН та запах; по 3 повторювання вимірювання. Вимірювання всіх показників крім запаху, виконувалося тими самими тест-рідинами, що й на першій стадії; вимірювання запаху виконувалося двома експертами – за методиками описаними у розділі 2. Данні були занесенні до таблиці

3.3. Послідуючі заміри хлору вільного та загального не проводилися, так як він був відсутній в початковій воді.

Таблиця 3.2.

Оцінювання якості вхідної води

Дата проби	Тип проби	Сl віль., мг/л	Сl заг., мг/л	pH, од.	GH, °n	KH, °n	Запах
03.12.2019	Вхідна вода	0	0	7,5	22	13	-

4) В п'ять чистих, полонснутих окропом скляних прозорих ємностей об'ємом 0,5л було налито по 500мл холодної води з-під крану. Ємності були промарковані написами: «Ш1С», «Ш1Т», «Ш2С», «Ш2Т», «Контроль» з позначенням дати початку експерименту «03.12.19».

5) Природні мінерали, а саме шунгіт, пройшли попередню обробку відповідно до кодування: «Ш1С та «Ш1Т» було попередньо промито в воді відповідно до інструкцій виробника, а «Ш2С» та «Ш2Т» - промито та відварено на середньому вогні протягом 5-6 хвилин з моменту закипання.

6) Попередньо-чисті мінерали були розфасовані по відповідним ємностям відповідно до маркування останніх у кількості 25 грамів сухого мінералу в кожен ємність, крім ємності «Контроль», до якої мінеральні сорбенти не вносилися. Після внесення мінералів ємності щільно закупорювалися пластиковими кришками, струшувалися та ставилися у прохолодне місце (температура повітря 15-16 градусів Цельсію) відповідно до маркування: «Ш1С» та «Ш2С» ставилися в місце з мінливою освітленістю, без впливу прямих сонячних променів; «Ш1Т» та «Ш2Т» - в щільно закриту темну шафу без доступу світла. Струшування закритих ємностей відбувалося один раз на три дні протягом терміну експерименту.

7) На третю добу виконувався медіанний (серединний) контроль експерименту. З кожної з п'яти ємностей відбиралась проба 50мл, яку оцінювали по 4 показникам. Повторюваність така сама як в попередньому контролі – 3 рази. З

отриманих результатів вимірювання вираховувалося середні значення, які були занесенні до таблиці 3.4.

8) На сьому добу виконувався кінцевий контроль, так само як і медіанний. Данні були занесенні до таблиці Б.2.

Важливою характеристикою досліджуваної води виступав також запах, який змінювався в часі не тільки в шкалі інтенсивності, а й безпосередньо в якісній характеристиці, та змінювався від затхлого до болотного та сірководневого. Зміну запаху по шкалі інтенсивності показана на рис.3.7.

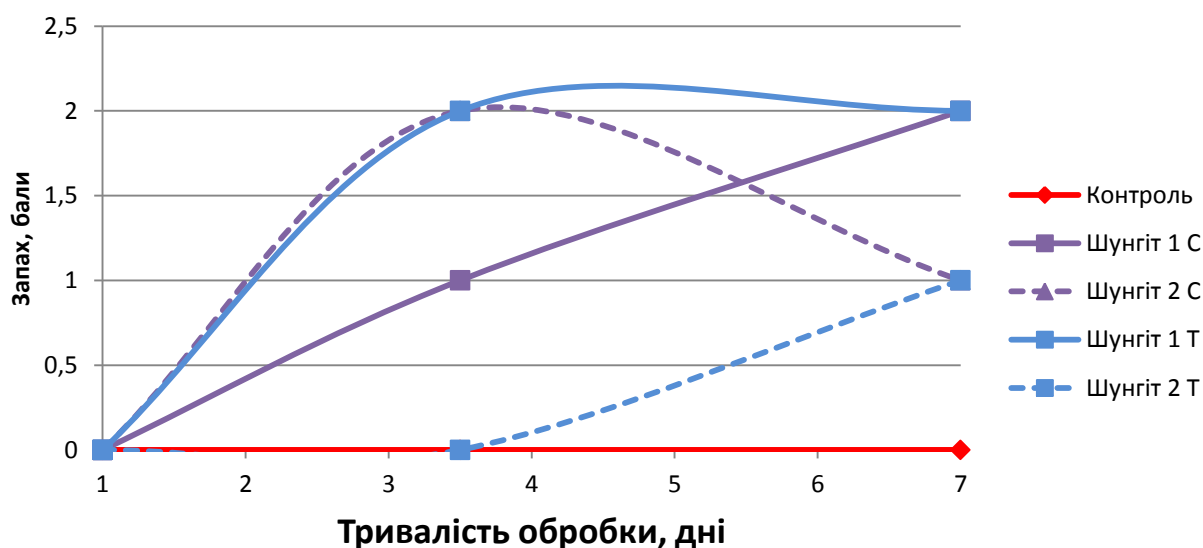


Рис. 3.7. Динаміка зміни запаху води під впливом кип'яченого та промитого шунгіту за різних умов освітленості з перебігом часу протягом 7 діб

Як видно з графіку, запах з'являється в усіх пробах крім контролю, найменша динаміка зміни запаху у проби, яка була захищена від світла, та в якій шунгіт був попередньо прокип'ячений. Найінтенсивніший запах мали проби з промитим шунгітом та за мінливого освітлення, що може бути спричинене життєдіяльністю мікроорганізмів у воді.

Для візуалізації отриманої інформації щодо зміни водневого показнику та жорсткостей води було побудовано графіки зображені на Рис 3.8 - Рис. 3.10.

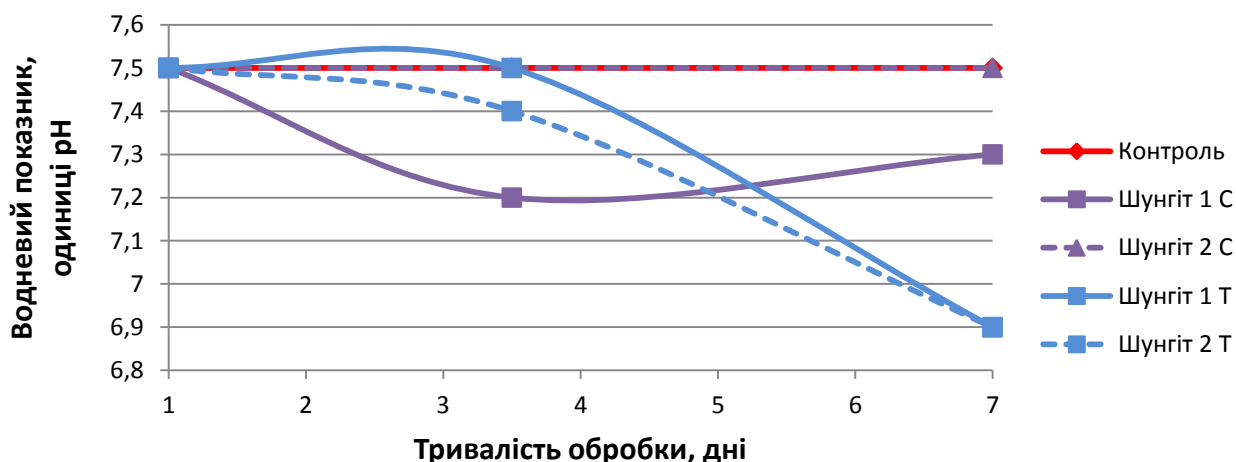


Рис. 3.8. Зміна водневого показнику води під впливом під впливом кип'яченого та промитого шунгіту за різних умов освітленості з перебігом часу протягом 7 діб

На рис. 3.8 Лінія «Шунгіту 2 С», тобто шунгіту прокип'яченого за мінливого освітлення збігається з лінією контролю, що вказує нам на відсутність змін водневого показнику у цій пробі. За відсутності освітлення прокип'ячений і промитий шунгіти мають однакову інтенсивність впливу на водневий показник, зміна якого в цьому випадку становить 0,6 одиниць рН. Варто відзначити, що у всіх пробах показник рН коливається в межах нормативних значеннях від 6,5 до 8,5 одиниць рН [86] та задовольняють їм.

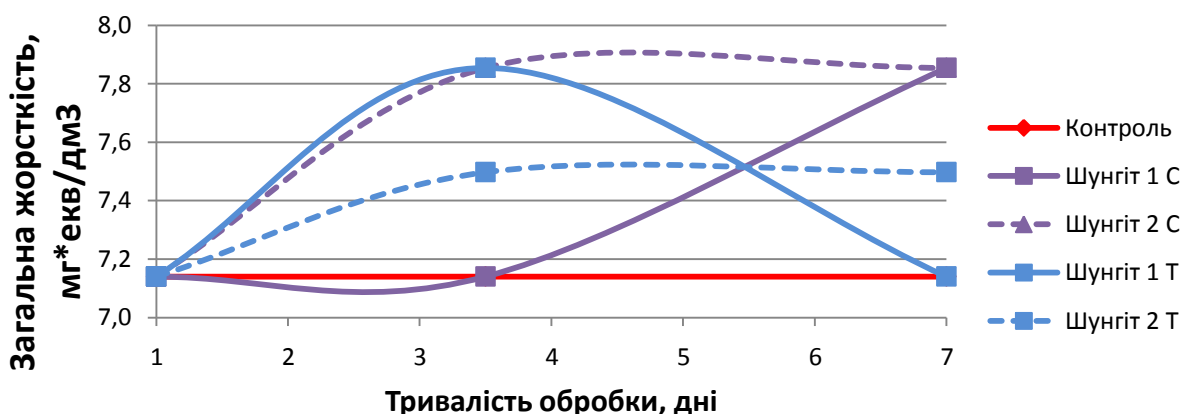


Рис.3.9. Зміна загальної жорсткості води під впливом під впливом кип'яченого та промитого шунгіту за різних умов освітленості з перебігом часу протягом 7 діб

Загальна жорсткість у зразках, що розміщувалися за мінливого освітлення протягом 7 діб зазнала збільшення на 0,8 мг-екв/л (див. рис. 3.9), що може бути спричинене біохімічними процесами, які виникають під дією світла. Як видно, на цей процес не впливає спосіб попередньої обробки шунгіту. Зразки, що знаходилися без доступу світла також мали підвищення загальної жорсткості, проте промитий шунгіт на сьому добу експерименту набуває початкового значення.

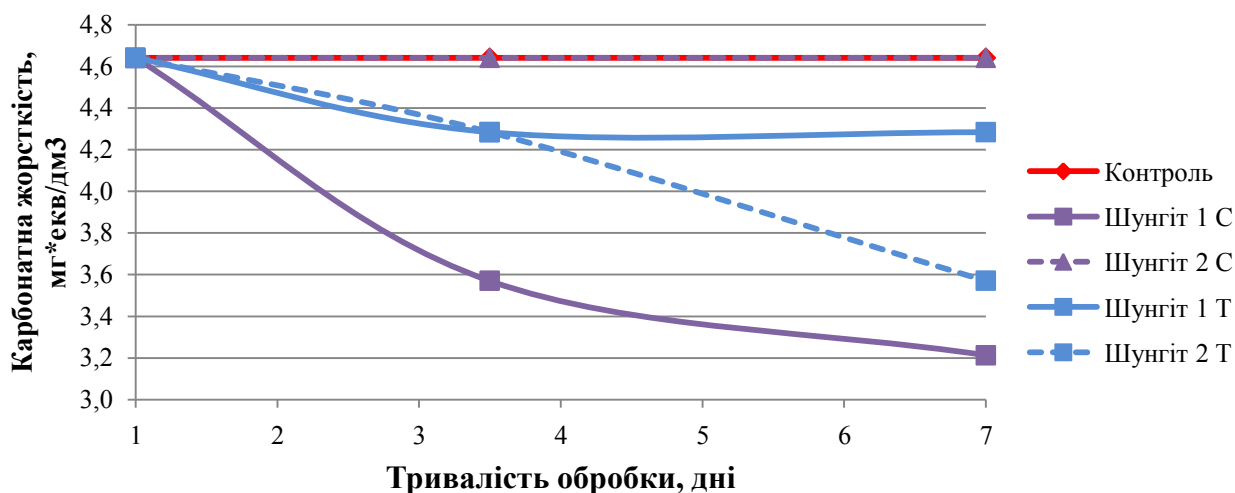


Рис.3.10. Зміна карбонатної жорсткості води під впливом кип'яченого та промитого шунгіту за різних умов освітленості з перебігом часу протягом 7 діб

З графіку на рис. 3.10 видно що за мінливої освітленості промитий шунгіт має, з представлених зразків, найвищу ефективність зниження карбонатної жорсткості – зафіксовано зниження показнику на 1,4 мг-екв/л, трохи поступається йому прокип'ячений шунгіт за відсутності світла дельта змін показнику для якого становила 1,0 мг-екв/л. Варто зазначити, що для другого зразка зміна показника відбувається за лінійним рівнянням, а отже зміни в карбонатній жорсткості проби більш прогнозовані.

Для отриманих результатів досліджень другого етапу експерименту також було обраховано ефективність очищення води по формулі 3.1 за обраними показниками, результати розрахунків подано в таблиці 3.3.

Ефективність очищення води, %

Проба	pH	карбонатна жорсткість	загальна жорсткість
Контроль	0,0	0,0	0,0
Шунгіт 1С	2,9	30,8	-10,0
Шунгіт 2С	0,0	0,0	-10,0
Шунгіт 1Т	8,6	7,7	0,0
Шунгіт 2Т	8,6	23,1	-5,0

Як видно з таблиці, найвищу ефективність зміни карбонатної жорсткості показала проба з промитим шунгітом за мінливої - 30%, на другому місці шунгіт прокип'ячений протягом 5-6 хвилин, проба з яким знаходилася за відсутності світла. Проте, варто зауважити, що лише остання проба більш-менш відповідає чинним нормативам по запаху, а отже найбільш прийнятним у галузі водоочищення є використання попередньо прокип'яченого шунгіту у картриджах та колбах з непрозорого пластику.

Основним показником у досліді слід вважати наявність запаху у пробах. Найменш схильною до утворення запаху стала проба яка знаходилася в темній шафі без доступу світла із шунгітом, що пройшов розширену обробку (був промитий та прокип'ячений). З цього можна зробити висновок, що найліпшим для використання в системах очищення буде шунгіт, що пройшов попередню розширену обробку: кип'ятіння часом не менше 5-6 хв та який розміщено у непрозорих картриджах та колбах фільтрів.

3.5. Проведення випробувань дослідної моделі фільтру для доочищення питної води на основі природних мінеральних сорбентів

На основі проведених статичних досліджень а також отриманих висновків було розроблено концепцію створення модельної фільтруючої установки для очищення води (фільтру). Було обрано магістральний тип під'єднання фільтру до мережі, так як він не потребує додаткового насосного обладнання, а використовує

тиск водопровідної мережі, який змушує воду протікати крізь фільтраційний матеріал. Типорозмір колб та картриджів обрано найменший із представлених розбірних фільтрів на ринку – Slim 5”, де 5” – висота фільтру в дюймах.

Модельний фільтр складається з трьох послідовно з’єднаних колб з картриджами наступного вмісту:

- 1) Шунгіт;
- 2) Цеоліт;
- 3) Спінений поліпропілен.

Будова фільтру схематично зображена на Рис 3.11 і включає такі складові:

- а. муфта підключення (вхід);
- б. кран (вихід);
- в. колба;
- г. картридж номер 1 з шунгітовим наповнювачем (фракція 1-5 мм);
- д. картридж номер 2 з цеолітовим наповнювачем (фракція 1-3 мм);
- е. картридж номер 3 з спіненого поліпропілену;
- ж. з’єднуючі муфти.

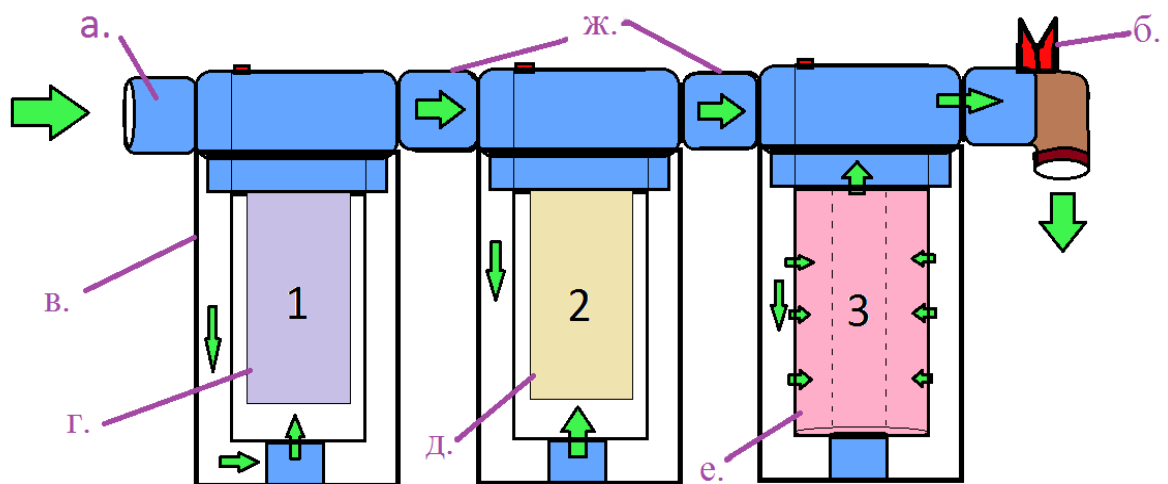


Рис.3.Принципова схема модельного фільтру

В якості колб було обрано корпуси фільтрів торгівельної марки Atlas Filtri, модель Mignon Plus, виробництво Італія; в якості картриджів – розбірні картриджі торгівельної марки Aquafilter FCEB5”, виробництво Польща. Також для створення

експериментальної моделі у якості фінішного механічного очищення від мікрочасток шунгіту та цеоліту був обраний картридж із спіненого поліпропілену від торгівельної марки Atlas Filtri CPP 5" SX 5 із ступенем фільтрації 5 мікрон, виробництво Італія. В зібраному вигляді модельний фільтр має наступний вигляд (див. рис 3.12).



Рис. 3.12 Загальний вигляд експериментального фільтру

План проведення випробувань модельної установки (третього етапу експерименту):

1) Досліджувана вода – муніципальна водопровідна холодна вода з-під крану у приватному житловому господарстві (квартирі) за адресою м. Київ, вул. Жмеринська 16.

2) Використовувані в експерименті природні мінерали: шунгіт (перша колба) та цеоліт (друга колба) фільтру. Третя колба – спінений поліпропілен. Експеримент було поділено на два етапи: на першому етапі мінерали попередньо були тільки промиті водою, без кип'ятіння, на другому – мінерали по чергово варилися на середньому вогні протягом 10-12 хвилин від початку закипання.

3) Лабораторія, що досліджувала воду, сертифікована відповідно до діючого законодавства України; її повна назва: «Лабораторія екологічного

моніторингу при Науково дослідному інституту радіаційного захисту Академії технологічних наук України», знаходиться за адресою м. Вишгород, вул. Ватутіна, 55.

4) Перед початком досліджень, воді дали стекти з крану слабким тихим струменем протягом 10 хвилин;

5) Швидкість потоку становила 1 хвилина 43 секунди/літр

6) Відбір проби контролю здійснювався відповідно до загальноприйнятих методик відбору, описаних у розділі 2, підпункті 1, до підключення модельного фільтру у мережу водопостачання у пластикову стерильну пляшку ємністю 1л, яка закупорювалася зеленою кришкою.

7) Підключення фільтру до мережі здійснювалося за допомогою шлангу пральної машини, який попередньо було промито великою кількістю води ззовні та зсередини

8) Після підключення, та набором установкою робочого тиску, за сталої швидкості витоку рівній 1 хвилина 43 секунди на літр, виконувалася промивка фільтру протягом ще 10 хвилин.

9) Відбір проби очищеної води здійснювався відповідно до загальноприйнятих методик відбору, описаних у розділі 2, підпункті 1, у пластикову стерильну пляшку ємністю 1л, яка закупорювалася жовтою кришкою.

10) Після цього фільтр було розібрано, мінерали проварено, установку зібрано знову і виконано пункти 7-9 цього плану. Пляшка закупорювалася рожевою кришкою.

11) Пляшки з досліджуваною водою було покладено у непрозорі пакети, та в сумку з темної тканини; доставлені у лабораторію протягом не більше як 3 години з моменту розливу.

На основі отриманих з лабораторії даних можна зробити висновок, що фільтр на основі природних мінералів може являтися джерелом мікробіології, зокрема після проходження води крізь нього, остання може вимивати популяції різноманітних, в тому числі й патогенних мікроорганізмів. Для підтвердження цього

було проведено додаткові випробування фільтру із необробленим матеріалом, результати якого подано у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Результати вимірювань води до та після проходження крізь модельний фільтр (з мінералами без попередньої підготовки)

№ з/п	Визначені показники, одиниці вимірювання	Результати дослідження. Контроль	Результати дослідження. Після фільтру	Нормативні значення (ДСанПіН 2.2.4-171-1)
1	Загальне мікробне число при t 37°C, Куо/см ³	4	>100	≤ 100
2	E.coli, Куо/см ³	Відсутні	Відсутні	Відсутність
3	Загальні колі форми, Куо/см ³	2	1	Відсутність
4	Ентерококи, Куо/см ³	Відсутні	Відсутні	Відсутність

Як видно з таблиці, загальне мікробне число після проходження крізь сорбент без обробки зросло у більше ніж 25 разів. При цьому показник загальних колі форм зменшився на 50%, хоча все ще перевищує нормативно-допустимі значення для питної водопровідної води згідно ДСанПіН 2.2.4-171-1 [86].

Вода з фільтру, в якому використовувалися попередньо-проварені мінерали, згідно заключення лабораторії придатна до пиття без обробки та відповідає діючим в Україні нормативам якості води.

3.6. Висновки до розділу

Природні мінерали пришвидшують вивільнення загального хлору з води в два рази. Це стосується, як суміші природних мінеральних сорбентів, так і кожного мінералу окремо.

Кремій не чинить вираженого впливу на досліджувані параметри води, проте, як й інші піддослідні мінерали значно прискорює вивільнення загального хлору з води.

Існує помітна різниця інтенсивності впливу природних мінералів на хлоровану та на нехлоровану воду. Так, на хлоровану воду мінерали діють з меншою інтенсивністю, ніж на нехлоровану.

Досліджені мінерали помітно хоч і несильно пом'якшують воду, зокрема шунгіт сприяє стійкому зниженню карбонатної жорсткості як хлорованої так і нехлорованої води, а цеоліт ефективніше пом'якшує не хлоровану воду, ніж хлоровану та знижує жорсткість на 22,4% та 7,69% відповідно. Отже, можна ранжувати мінерали за їх впливом на карбонатну жорсткість наступним чином: найбільший вплив має шунгіт, потім цеоліт та суміш мінералів. Кремій на карбонатну жорсткість впливу не чинить.

Різні природні мінерали чинять різну і вибірккову дію на хімічні показники, зокрема на загальну та карбонатну жорсткість, на водневий показник рН. Для максимально-ефективного практичного використання природних мінералів у фільтраційних установках їх слід використовувати у вигляді сумішей, або у вигляді багатоступеневих систем.

Водневий показник хлорованої води в меншому ступені піддається зміні в наслідок впливу мінеральних сорбентів, ніж рН не хлорованої води. За рахунок впливу шунгіту на не хлоровану воду у процесі відстоювання досягається зниження до 0,7 одиниць рН за 7 діб, хоча всі значення знаходяться в межах нормативних значень згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-1 [86].

Шунгіт сприяє погіршенню запаху, найбільш вірогідно що він «активує» біохімічні процеси у воді, пришвидшує ріст і розвиток біоти або сам є культиватором бактерій через незадовільну попередню обробку. Тому він обов'язково потребує попереднього кип'ятіння або прокалювання протягом не менш як 5-6 хв (бажано 10-15хв).

Було проаналізовано розрахункові значення ефективності очищення води природними мінеральними сорбентами: кремій не чинить впливу на не хлоровану та погіршує якість хлорованої води. Шунгіт і цеоліт, а також суміш мінералів в яку вони входять, здебільшого мають позитивний ефект на якість води. При цьому спостерігається певна диференційованість.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі в гідрохімічній лабораторії

Відповідно до класифікації, наведеної у ГОСТ 12.0.003-74 [99], на працівника на робочому місці впливають різні небезпечні та шкідливі виробничі фактори. В цій роботі, робоче місце знаходиться у гідрохімічній лабораторії, в якій виконуємо вимірювання показників якості води відповідно до визначених у Розділі 2 методик дослідження. Відповідно до цього на працівника гідрохімічної лабораторії діють такі небезпечні виробничі фактори:

1) Фізичні:

- висока напруга в електричній мережі, при недбалому поводженні, може бути причиною електротравми;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- скляний лабораторний посуд, який може розбитися в процесі роботи та стати причиною травмування, зокрема, шкірних покривів.
- незвичний мікроклімат приміщення: підвищена вологість повітря, не нормальний (занизький або зависокий) тиск, підвищена температура повітря робочої зони, тощо.

2) Хімічні:

- хімічні речовини та їх сполуки, в результаті недбалості можуть бути розлиті та спричинити опіки, отруєння або пошкодити матеріальні цінності;
- пил, пара, дим, аерозолі, тощо які утворюються під час перебігу хімічних реакцій, та можуть спричинювати отруєння різної природи.

3) Психофізіологічні:

- нервово-психічні перевантаження;
- монотонність праці;

- зоровий дискомфорт;
- статичне навантаження.

Висока напруга в електричній мережі. Джерелами є електронагрівальні пристрої, комп'ютер, спеціальні вимірювальні та інші пристрої. Підвищена вологість і висока температура повітря під час роботи з технічним електрообладнанням хімічних лабораторій, пари кислот і лугів можуть руйнувати ізоляцію проводів, різко погіршуючи її діелектричні властивості, і, отже, сприяють переходу напруги на не електропровідні частини електроустаткування. Небезпека – протягом усього робочого часу.

Підвищений рівень електромагнітного випромінювання. Джерелом є: електричне обладнання, зокрема вимірювальні пристрої, вимикачі, розподільчі пункти та комп'ютер, який використовується для обробки та аналізу наукових даних. Тривалість дії фактора – близько 20 год/ тиждень (половина робочого часу).

Лабораторний посуд. Джерело – скляний посуд. Небезпека полягає у можливості скляного посуду, за деяких обставин, руйнуватися та утворювати гострі скляні уламки, які можуть травмувати шкірні покриви, очі, органи дихання, шлунково-кишкового тракту. Тривалість роботи зі скляним посудом – близько 15 год/тиждень.

Хімічні речовини. Джерело – випари хімічних речовин, що знаходяться в лабораторії. Також під час проведення дослідів в лабораторії з хімічними речовинами, внаслідок недотримання правил безпеки та вимог охорони праці, а також невиконання затверджених технічним завданням методик, хімічні сполуки можуть стати причиною травмування. Тривалість – протягом всього робочого часу, 40 год/тиждень.

Психофізіологічні фактори (перенапруга аналізаторів. монотонність праці, зоровий дискомфорт, статичне навантаження). Джерело – робота на комп'ютері під час аналізування отриманих результатів, робота у лабораторії, зокрема вимірювання показників якості води за допомогою титрування. Тривалість дії фактора – близько 20 год/ тиждень (половина робочого часу), що вкладається в норму (не більше 6 год/день).

Підвищена температура повітря робочої зони. Джерело – електронагрівальний прилад – електрична одинарна конфорка, муфельна пічка. Тривалість дії фактора – 4 год/тиждень.

Підвищена вологість повітря. Джерело - випари води під час визначення сухого залишку проби та інших дослідів, що потребують нагрівання розчинів. Тривалість дії фактора – 4 год/тиждень.

5.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі в гідрохімічній лабораторії

Висока напруга мережі. Забезпечення електроенергією електроприладів здійснюється від щита з розподільними трансформаторами, який під'єднується до електричного ввідного пристрою через захисний запобіжний пристрій. Усе електроустаткування і механізми, які можуть бути під напругою повинні бути заземлені. Усі розетки повинні мати маркування, із значенням напруги, сили струму, яка подається. Всі елементи електричних приладів, по яких проходить струм мають бути надійно захищені від випадкового дотику. При експлуатації електронагрівальних приладів необхідно слідкувати за тим, щоб вони були розміщені якнайдалі від легкозаймистих речовин, матеріалів, предметів і конструкцій. Металеві та неметалеві електропровідні конструкції, комунікації та виробниче обладнання повинні бути заземлені. В них допускається напруга 42 В. Інколи в науково-дослідницьких роботах необхідно застосовувати установки з напругою 220 В і більше. Такі установки становлять особливу небезпеку. Робота на установках з напругою більше 220В повинна виконуватись не менше, ніж двома особами, одна з яких повинна мати групу з електробезпеки, яка дає право на виконання самостійних робіт на таких установках. Останні обладнуються захисним огороженням, заземленням, блокуванням, сигналізацією, рубильником в колах живлення, маркуванням та відповідно затвердженою інструкцією. Не можна

залишати без нагляду увімкнені електро- і радіоприлади, допускати до них сторонніх осіб, які не задіяні у виконанні роботи.

В кабінетах, де є комп'ютерна техніка також існує потреба щодо вжиття необхідних заходів безпеки [100]. В кабінеті повинна підтримуватись оптимальна температура 18-22°C, вологість 40-60 %. При роботі з персональним комп'ютером важливо підтримувати оптимальні умови освітленості. Освітлення повинно створювати необхідний контраст зображення монітору. В лабораторії забороняється доторкатися до електрообладнання, клем, електродротів, арматури і відкривати дверці електрошаф особам без відповідної групи по електробезпеці. Підключати персональні комп'ютери слід до переносного розподільчого пристрою обладнанням запобіжником. Їх штепсельні розетки, крім гнізд для робочих контактів, повинні мати ще одне гніздо для заземлення контакту.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань. Щоб уникнути несприятливого впливу електромагнітного випромінювання від лабораторного обладнання та персонального комп'ютера необхідно:

- Повіряти обладнання у, встановлений нормативно-правовими актами, період;
- Робити вчасні сервісні обслуговування та модернізацію устаткування;
- Виконувати затверджені інструкції з охорони праці на робочому місці;
- Електротехнічне обладнання повинно бути заземлено.

Скляний лабораторний посуд. Щоб уникнути руйнування скляного посуду, його спочатку перевіряють за допомогою полярископу.

Під час збирання скляної апаратури гумові пробки та трубки підбирають по розміру скла, а руки захищають рушником чи ганчірками для уникнення порізів при руйнуванні пристроїв. Забороняється закривати нагріті скляні посудини притертими пробками до їх охолодження.

Мити хімічний посуд передбачено у приміщеннях, які мають раковини, мийки та обладнання для її зберігання та сушки. Не дозволяється у раковину викидати чи зливати концентровані розчини кислот та лугів, хромову суміш, речовини з неприємним запахом та інші реактиви. Вони зливаються у спеціальні ями для

виключення небезпеки опіку. Після передбачених робіт, відходи у вигляді суміші реактивів повинні бути утилізовані ліцензованими організаціями у встановленому діючим законодавством України порядку.

Під час розбирання апаратури потрібно дотримуватися обережності при торканні до гарячого скляного посуду та нагрівача. Гарячі колби ставлять на листовий азбест. Оптимальним варіантом є розбирати конструкції після їх остигання до кімнатної температури.

Хімічні речовини та їх сполуки. Щоб уникнути потрапляння хімічних речовин до організму людини, необхідно дотримуватися правил техніки безпеки в хімічних лабораторіях [99,102]. Також необхідно використовувати засоби індивідуального захисту та спецодяг в ситуаціях, які цього потребують.

Щоб мінімізувати шкідливий вплив хімічних речовин на організм працівника, необхідно чітко притримуватись наступних правил:

а. Необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – захисні окуляри, гумові рукавички, халати, респіратори, тощо у відповідності до методичних рекомендацій конкретних лабораторних дослідів;

б. Необхідно постійно слідкувати за справністю систем витяжної вентиляції, чистотою хімічного посуду. У випадку несправності витяжки, роботи, що згідно методик потребують виконання дій у витяжній шафі, виконувати не можна. Про несправність слід негайно повідомити завідуючого лабораторією або керівника робіт;

в. Уникати випадків короткого замикання;

г. Працювати з вогне-, вибухонебезпечними реактивами на безпечній відстані від нагрівних приладів та відкритого вогню;

д. Своєчасно нейтралізувати і прибирати випадково пролиті на підлогу лабораторного приміщення кислоти, луги; для прибирання використовувати шланг з водопровідною водою;

е. Випадкові поранення слід негайно обробити згідно інструкцій з надання домедичної допомоги немедичними працівниками затвердженої МОЗ України. Після обробки та накладення перев'язуючого матеріалу, якщо поранення

знаходиться на пальцях рук та не заважає виконувати роботу, слід надіти гумовий напальчник;

ж. Всі робочі місця повинні бути забезпечені необхідною кількістю води та нейтралізуючих речовин;

з. Спецодяг, спецвзуття та індивідуальні засоби захисту повинні повністю захищати людину від шкідливої дії токсичних речовин;

и. Забороняється пробувати хімічні речовини на смак і дотик; торкатись незахищеними ЗІЗ руками до отруйних або невідомих речовин; наливати воду для споживання у хімічний посуд; приймати їжу та напої в приміщенні лабораторії; затягувати розчини в піпетки без використання гумової груші.

Ефективним захистом людини від шкідливих речовин, домішок та пилу у повітрі є раціональна вентиляція, тобто витяжні шафи, якими обладнуються всі хімічні лабораторії. Для розрахунку обрана вентиляційна система лабораторії, так як в хімічних лабораторіях знаходиться значна кількість хімічних речовин, вплив яких може призвести до отруєнь, а при тривалому контакті з ними – до професійних захворювань [103].

Оптимальний повітрообмін в лабораторії за санітарними нормами такий: протягом години весь об'єм повітря повинен змінитися 10-12 разів. Тому при виборі витяжної шафи слід підрахувати об'єм лабораторії і помножити отриману цифру на 10. Це і буде оптимальна продуктивність витяжки за умови, що витяжку підвішено на відстані 65-85 см від робочої поверхні. Але, якщо з якихось причин витяжку доводиться встановлювати вище, ніж за 85 сантиметрів, треба вибирати витяжку з підвищеною продуктивністю.

Ми маємо лабораторію площею 12 м^2 із висотою стелі $3,5 \text{ м}$, отже об'єм повітря в такому приміщенні складає $12 \cdot 3,5 = 42 \text{ м}^3$. Для ефективного провітрювання одного робочого місця в лабораторії наведеної площі досить вентиляційної шахти з продуктивністю в $42 \cdot 10 = 420 \text{ м}^3$ на годину, проте необхідно брати дану величину з запасом. В лабораторії встановлено три витяжні шафи з приблизно такою самою потужністю. Отже, сумарна продуктивність витяжної системи становитиме приблизно $L = 1280\text{-}1500 \text{ м}^3/\text{год}$.

Бажано, щоб витяжка працювала в двох режимах: в режимі відтоку і в режимі циркуляції. Циркуляційна система складається з фільтрів, крізь які проходить відпрацьоване повітря та повертається назад у приміщення. При роботі у режимі відтоку видалене лабораторне повітря разом з випарами, пилом та іншими домішками виводиться через вентиляційну систему будівлі чи через вентиляційний отвір у стіні назовні без або з незначним очищенням. Якщо у виробничому приміщенні виділяються гази та випари з густиною, яка перевищує густину повітря (випари кислот, бензину, гасу), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60 % повітря з нижньої зони приміщення та 40 % – з верхньої. Якщо густина газів менша за густину повітря (метан, оксид вуглецю, етан, формальдегід), то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні [103-105].

Розрахуємо площу поперечного перерізу вентиляційної труби для однієї витяжної шафи. Для цього необхідно загальний об'єм витяжного повітря розділити на 3 рівних вентиляційних канали (F_1) які сходяться в один F_2 – 500 метрів кубічних повітря на годину та 1500 метрів кубічних повітря на годину відповідно. Розрахунок площі поперечного перерізу виконуємо за формулою 4.1:

$$F = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (4.1)$$

де F – площа поперечного перерізу вентиляційного каналу; L – витрата витяжки через вентиляційну шахту, $L = 500 \text{ м}^3$ та $L = 1500 \text{ м}^3$; v – швидкість повітряного потоку, $v=1,1 \text{ м/с}$.

$$F_1 = 500/(3600 \cdot 1,1) = 0,13 \text{ м}^2, \text{ прямокутна труба зі сторонами: } 450 \text{ мм та } 300 \text{ мм}$$

$$F_2 = 1500/(3600 \cdot 1,1) = 0,38 \text{ м}^2, \text{ прямокутна труба зі сторонами: } 700 \text{ мм та } 550 \text{ мм}$$

Завдання локальної витяжки – відібрати шкідливий газ, аерозолі, тв./або пил на етапі їх вивільнення безпосередньо від джерела. Щоб досягти максимальної ефективності, необхідно правильно підібрати розмір зонту витяжки в залежності від габаритів джерела та висоти підвісу. Методику обчислень зручно знаходити з прив'язкою до креслення (див. Рис 4.1.) витяжки.

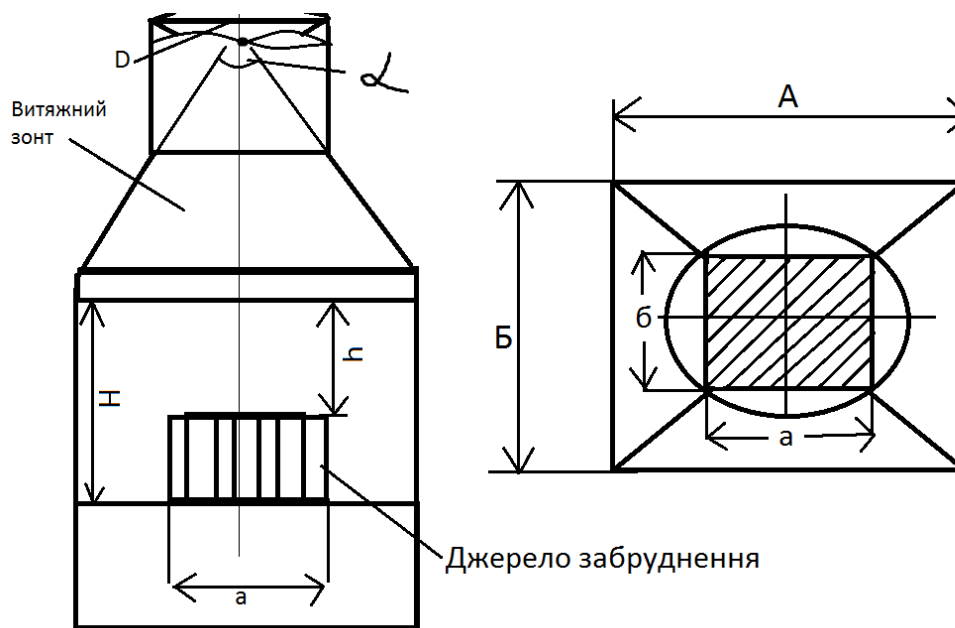


Рис. 4.1. Схематичне зображення параметрів витяжної шафи

Розшифруємо буквені символи на схемі:

- A, B – Шукані розміри зонту в плані;
- h – відстань від нижньої кромки витяжного устаткування до поверхні осередку викиду;
- a, b – розміри перекривного устаткування ;
- D – діаметр вентиляційного повітропроводу;
- h – висота підвісу, приймається рівній не більше 1,8-2 м, h=1,2 м ;
- α (альфа) – кут розкриття зонта, не перевищує 60°.

Спочатку розраховуємо габарити витяжки в плані по простим формулам 4.2 та 4.3:

$$A = a + 0,8h, \quad (4.2)$$

$$B = b + 0,8h: \quad (4.3)$$

$$A = 0,30 + 0,8 * 1,2 = 1,26\text{м},$$

$$B = 0,40 + 0,8 * 1,2 = 1,36\text{м}$$

Далі, методом підбору визначаємо кут розкриття – $\alpha=60^\circ$. Потім робимо розрахунок витрат всмоктуваного повітря за формулою 4.4:

$$L = F_z * (3600 * v) \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.4)$$

де: F – площа широкої частини зонту, обчислюється як $A \times B$; v — швидкість повітряного потоку в створі коробу, для токсичних газів та пилу повинна бути не менше як 0,75-1,05м/с, $v=1,1$ м/с. Отже:

$$L = F_z * (3600 * v) = A * B * (3600 * v) = 1,26 * 1,36 * (3600 * 1,1) = 6786 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Знаючи кількість втрат повітря, не важко підібрати каналний вентилятор необхідної потужності. Площа перерізу витяжного зонту обчислюється за зворотною формулою 4.5:

$$F_z = \frac{L}{3600 * v}, \quad (4.5)$$

$$F_z = \frac{L}{3600 * v} = \frac{6785,86}{3600 * 1,1} = 1,7 \text{ м}^2.$$

Отже площа перерізу витяжного зонту дорівнює $1,7 \text{ м}^2$. Прийmemo до уваги, що наш витяжний зонт має форму прямокутника, отже отримуємо сторони витяжного зонту – 1,36 та 1,26м.

Нервово-психічні перевантаження (розумова перенапруга. монотонність праці, зоровий дискомфорт). Аналіз отриманих даних під час експериментів як правило проходить обробку з використанням електронно-обчислювальної техніки – персональних комп'ютерів. Порушення зорових функцій у користувачів комп'ютерів пов'язані, в основному, з трьома групами факторів:

- параметрами освітлення робочого місця;
- характеристиками дисплея;
- специфікою роботи за комп'ютером.

Тому, необхідно звернути увагу на забезпечення раціонального освітлення на робочому місці, використання сучасних дисплеїв з покращеними характеристиками,

дотримання режимів праці та відпочинку, а також необхідно щоб центр екрана дисплея був нижчий від кута зору людини.

Крім цього важливим є забезпечення освітлення згідно вимог технічних процесів або згідно висновків атестації робочих місць.

Підвищена температура повітря робочої зони. Захист від прямої дії теплового випромінювання здійснюється екрануванням - встановленням термічного опору на шляху теплового потоку. Екрани захищають людину не тільки від теплових променів, а й оберігають від дії іскор і розжарених та гарячих бризок, виплесків рідин та викидів шлаків та окалини. Полегшенню тепловіддачі від тіла людини сприяє підвищення швидкості руху повітря, що омиває тіло. Здійснюється це за допомогою вентиляційних систем. Отже необхідна витяжна шафа з використанням теплоізолюючого матеріалу.

При необхідності виконання робіт в зоні підвищеної температури повітря або в гарячих реактивних зонах користуються засобами індивідуального захисту від інфрачервоних випромінювань - термозахисним одягом, ізолюючими апаратами органів дихання, спеціальними рукавичками.

Після перебування в зоні підвищеної температури працівнику слід відновити водно-електролітичний баланс організму – випити достатню кількість підсоленої мінеральної газованої води або препарат для регідrataції (наприклад регідрон) організму.

Підвищена вологість повітря. Для зменшення вологості слід уникати технологічних процесів з відкритими поверхнями випаровування рідини. Технологічне обладнання повинно бути герметичне, а для видалення пари - обладнане примусовою витяжкою. Як засіб видалення вологи із повітря приміщення використовується вентиляція. В приміщеннях, де діють оптимальні норми мікроклімату, слід встановлювати апарати для кондиціонування повітря, а також обладнання для моніторингу в реальному часі показників мікроклімату [101].

5.3. Забезпечення пожежної і вибухової безпеки при роботі в гідрохімічній лабораторії

Причини пожеж і загорянь в гідрохімічній лабораторії можуть бути такі:

- несправний пристрій, чи порушення режиму роботи систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря;
- несправний пристрій, чи перевантаження електричних установок і мереж (неправильний вибір перетинів чи проводів, підбір електроустаткування, несправність засобів захисту мереж від перевантажень і ін.);
- самозаймання і само-спалахування речовин і матеріалів при неправильному їхньому зберіганні чи застосуванні;
- Необережне поводження з вогнем (паління в невстановлених місцях, недбале проведення вогневих робіт, залишення без догляду електронагрівальних приладів і т.п.).

До небезпечних факторів пожежі відносяться:

- відкритий вогонь чи іскри;
- підвищена температура повітря, предметів і т.п.;
- токсичні продукти горіння;
- дим (високодисперсна аерозоль із твердими частками);
- знижена концентрація кисню;
- вибух;
- психоемоційні фактори – панічні атаки, стрес.

Загальні вимоги до систем запобігання пожеж і пожежного захисту регламентується:

а. Міждержавними стандартами системи стандартів безпеки праці *ГОСТ 12.1.004-91*

б. Державними стандартами України (ДСТУ) виданими ISO ДСТУ EN ISO 4589:2015, ДСТУ EN 15004:2018, ДСТУ EN 50582:2018, ДСТУ EN 60695:2018, ДСТУ EN ISO 4589:2018, ДСТУ EN ISO 5659:2018, та інші;

в. Державними стандартами України: ДСТУ 2272:2006, ДСТУ 3855-99, ДСТУ-П 7291:2012, ДСТУ 7288:2012, ДСТУ 5092:2008, тощо;

г. Правилами пожежної безпеки в Україні від 10.04.2015.

Правила пожежної безпеки під час експлуатації електрообладнання:

- користуватися електроприладами, шнури живлення яких мають триполюсну вилку з попереджувачим включенням заземлюючого проводу;

- не вмикати в електромережу електроприлади, шнури живлення яких мають пошкоджену ізоляцію;

- не вмикати в електромережу електроприлади, які мають пошкодження або ненадійно з'єднані з електрошнуром живлення, вилками, розетками та подовжувачами;

- не вмикати електроприлади в розетки, які не мають захисних, направляючих;

- не застосовувати для опалення приміщень нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- при користуванні електроприладами, які мають окремий, самостійний провід заземлення, перед включенням його в електромережу перевірити наявність та надійність приєднаного проводу до відповідних клем;

- самостійно не замінювати зіпсовані електрозапобіжники, електролампи, не проводити самостійний ремонт електроприладів та електромережі;

- не залишати без догляду працюючі електроприлади;

- по закінченні робочого дня вимкнути вимикач на електроприлади та від'єднати провід живлення від розетки електромережі. При цьому слід пам'ятати, що від'єднуючи вилку електроприладу від розетки, її слід тримати за корпус, а не смикати за провід живлення, бо можна висмикнути один з проводів і потрапити під дію електричного струму.

- при проектуванні електромережі необхідно правильно вибирати переріз провідників мереж і схем за допустимою величиною струму;

- в процесі експлуатації електричних мереж не можна включати додатково електроприймачі, якщо мережа на це не розрахована;

- для захисту електрообладнання від струмів перевантаження найбільш ефективні автоматичні і електронні схеми захисту, вимкачі, теплові реле і плавкі запобіжники.

З метою попередження можливостей загоряння і виникнення пожеж у гідрохімічній лабораторії необхідно:

- робочі місця і проходи звільнити від зайвих предметів;
- не працювати з легкозаймистими речовинами на відкритому вогні і поблизу електронагрівальних приладів;
- легкозаймисті речовини зберігати в товстостінному посуді з притертим корком (ємністю не більше 1 л), поміщеному у металеву скриню;
- у процесі виконання роботи перевіряти крани газових пальників.

Для забезпечення пожежо- та вибухобезпеки важливе значення має підтримка необхідного теплового режиму обладнання за допомогою природної або механічної вентиляції, а також тепловідводів спеціального призначення. Необхідно прийняти ряд заходів, для забезпечення гасіння пожеж. До них відносяться будівництво димових люків для видалення та обмеження розповсюдження диму, який виникає при пожежі, будівництво спеціальних сходів, забезпечення під'їздів до споруд, будівель та джерел води. Для гасіння пожеж використовують вогнегасники (пінні, рідинні, газові).

При виникненні пожежі рекомендуються наступні дії:

- вивести людей і, за можливості, матеріальні цінності з небезпечної зони;
- викликати пожежну службу;
- вжити заходи по локалізації пожежі;
- по можливості, вжити заходи по гасінню пожежі.

Безпека при вибухах забезпечується встановленням мінімальної кількості вибухонебезпечних речовин, які використовують у лабораторіях; використання обладнання, яке розраховане на тиск вибуху; застосування активних систем зменшення вибуху та засобів попереджування.

Для запобігання пожеж і вибухів необхідно виключити можливість утворення вибухонебезпечного середовища, а саме підвищення температури і тиску даного середовища вище максимально допустимих значень горючості.

Висновки. Охорона праці, як одна з ланок системи управління якістю управління персоналом, має на меті знизити ризики травмування та/або загибелі робітників, що в свою чергу знижує економічні витрати на виробництво. На життя та здоров'я працівників гідрохімічної лабораторії чинять вплив різні фактори: хімічні речовини, їх сполуки, випари, аерозолі, пил, дим; мікроклімат, іноді із зміненим відсотком кисню у повітрі, тощо. Для мінімізації впливу шкідливих факторів слід використовувати засоби захисту працівників – захисні екрани, вентиляційне обладнання, системи кондиціонування приміщень, спецодяг та засоби індивідуального захисту. Був проведений розрахунок параметрів вентиляційного обладнання в лабораторії, необхідна кількість прокачуваного загальнообмінною вентиляцією повітря в даному приміщенні становить $6786 \text{ м}^3/\text{год}$. Для покращення умов праці в лабораторії слід зробити модернізацію витяжних шаф, а саме встановити витяжні шафи з наступними параметрами: основна вентиляційна шахта 700×500 мм, до якої з низу під'єднанні три шахти 450×300 мм з окремими витяжними зонтами. Витяжний зонт має кут розкриття 60° та сторони – 1,36 та 1,26 м (сама шафа також має такі параметри). Така модернізація зробить перебування у лабораторії більш безпечним, а виконання дорученої роботи - комфортним

ВИСНОВКИ

За результатами експериментального дослідження сформульовано основні науково-практичні висновки:

1. Теоретично досліджено, що країни світу мають різні технологічні підходи до водопідготовки на водозабірних станціях; країни, в яких вода з-під крану придатна до пиття, використовують методи глибокої фільтрації (флотація, коагуляція, пісочна та АВ-фільтрація, зворотній осмос тощо) та знезараження води УФ-випроміненням, озонуванням, гіпохлоридом натрію.

2. Запропоновано використання для доочищення води з-під крану природні мінеральні сорбенти, зокрема цеоліти та шунгіти, які є не тільки ефективним матеріалом для очищення води та її мінералізації, але й можуть бути використані повторно після регенерації.

3. На основі багатофакторного експерименту виконане ранжування природних мінералів за ефективністю та доведено, що найбільш ефективними мінеральними сорбентами за даних умов експерименту є цеоліт та шунгіт. При використанні хлорованої води кремній показав негативні результати, а саме збільшення загальної жорсткості води на 4,8% та карбонатної – на 7,7% у порівнянні з контролем.

4. Експериментально доведено, що наявність залишкового хлору в воді впливає на ефективність її очищення досліджуваними мінеральними сорбентами. Так, ефективність очищення води цеолітом за показником загальної жорсткості знижується з 68,5% до 61,9% для не хлорованої і хлорованої води відповідно. Для карбонатної жорсткості (під дією цеоліту) ефективність очищення не хлорованої і хлорованої зменшується з 22,4% до 7,7%. Така залежність зберігається і для шунгіту: ефективність очищення води від карбонатної жорсткості знижується з 46,4% до 38,5%, показник рН – з 9,5% до 4%.

5. Проаналізувавши результати експериментів, рекомендується використання природних мінералів цеоліту та шунгіту у фільтраційних системах

доочищення питної води у вигляді їх суміші. Показано, що ефект очищення залежить від попередньої обробки мінеральних сорбентів, зокрема необхідна термічна обробка сорбентів та відсутність світла під час фільтрації.

6. Проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а також технічних та організаційних заходів для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів у гідрохімічній лабораторії. Досить важливим параметром для працюючих в даній лабораторії є примусова витяжна вентиляція, враховуючи це, було приведено розрахунок системи кондиціонування для лабораторного приміщення і визначено, що необхідна кількість прокачуваного загально обмінною вентиляцією повітря в даному приміщенні становить $6786 \text{ м}^3/\text{год}$. Для покращення умов праці в лабораторії слід зробити модернізацію витяжних шаф, а саме встановити витяжні шафи з наступними параметрами: основна вентиляційна шахта 700×500 мм, до якої з низу під'єднанні три шахти 450×300 мм з окремими витяжними зонтами. Витяжний зонтик має кут розкриття 60° та сторони – 1,36 та 1,26м (сама шафа також має такі параметри). Така модернізація зробить перебування у лабораторії більш безпечним, а виконання дорученої роботи - комфортним.

СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Пономаренко А. М. Питна вода як значущий фактор інфекційної захворюваності населення України *Актуальные проблемы транспортной медицины*. Одесса: УкрНИИ медицины транспорта, 2018. С. 7–13.
2. Логвина О. А., Ефремова С. Ю. Профилактика вторичного загрязнения воды. *Научно-методический журнал век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. Пенза: ПГТУ, 2017. Т. 1. С. 226–238.
3. Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Total Water and Macronutrients. *National Center for Biotechnological Information (National Institutes of Health)*. 2015. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56068/table/summarytables.t4/> (дата звернення: 15.11.2019).
4. Fluid balance. *Wikipedia*. 2019. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_balance#cite_note-boron8299 (дата звернення: 15.11.2019).
5. Соколова І. І., Ярошенко О. Г. Профілактика в дитячій стоматології: Навч.-метод. посібник для лікарів-інтернів, лікарів-стоматологів та студентів стоматологічного факультету. Харків: ХНМУ, 2019. 85 с..
6. Slade G. D., Grider W. B., Maas W. R, Sanders A. E.. Water Fluoridation and Dental Caries in U.S. Children and Adolescents. *Journal of Dental Research*, 2018.
7. Fatemeh G., Amir H., Mostafa H. et.al. Prevalence of dental caries and fluoride concentration of drinking water: A systematic review. *Journal of Dental Research*, 2017.
8. Вода, санитария и гигиена. *WHO.int (ВОЗ)*, 2017. URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/ru/ (дата звернення: 17.11.2019).
9. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року про якість води, призначеної для споживання людиною. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963 (дата звернення: 17.11.2019).

10. Destinationslist - traveler`s guide. Centres for Disease Control and Prevention (CDC), 2019. URL: <https://wwwnc.cdc.gov/travel/destinations/list> (дата звернення: 17.11.2019).
11. Нелюбин М. Можно ли в Германии пить воду из-под крана? Deutsche Welle, 2019. URL: <https://www.dw.com/ru/можно-ли-в-германии-пить-воду-из-под-крана/a-44925754> (дата звернення: 17.11.2019).
12. Рябенюк І. Чиста питна вода з крана: як це робиться у Німеччині. Deutsche Welle, 2018. URL: <https://www.dw.com/uk/чиста-питна-вода-з-крана-як-це-робиться-у-німеччині/a-43106866> (дата звернення: 17.11.2019).
13. Qian N. Bottled Water or Tap Water? A Comparative Study of Drinking Water Choices on University Campuses. Water 2018, 10(1), 59. Basel(Switzerland): MDPI, 2017.
14. Levêque J. G., Burns R. C. Drinking water in West Virginia (USA): tap water or bottled water – what is the right choice for college students? Journal of Water & Health Volume 16, Issue 5. 2018. C. 827–838.
15. Graydon R. C., Gonzalez P. A., Laureano-Rosario A. E., Pradieu G. R. Bottled water versus tap water: Risk perceptions and drinking water choices at the University of South Florida. Emerald Publishing Limited. 2019.
16. Rosinger A. Y., Herrick K. A., Wutich, A. Y. Disparities in plain, tap and bottled water consumption among US adults: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2007–2014. Public Health Nutrition Volume 21, Issue 8. 2018. C.455–1464.
17. Питьева вода в Швейцарии. Myswitzerland.com, 2019. URL: <https://www.myswitzerland.com/ru/planning/about-switzerland/general-facts/general-information/drinking-water/> (дата звернення: 17.11.2019).
18. Pię wode z kranu. Pię wode z kranu. 2019. URL: <http://pijewodezkranu.org/> (дата звернення: 17.11.2019).
19. Качество воды в Бельгии. 2016. URL: <https://lifebel.com/146-kachestvo-vody-v-belgii-html/> (дата звернення: 17.11.2019).

20. Питьевая вода в Нидерландах. Voda.vn.ua. 2018. URL: <https://voda.vn.ua/news/kakuyu-vodu-pyut-v-raznyh-stranah-gollandiya/> (дата звернення: 17.11.2019).
21. Taran O. «Водный конфликт» в Ницце затронет и Монако? HelloMonaco. 2016. URL: <https://www.hellomonaco.com/vkurse/vodnyiy-konflikt-v-nitstse-zatronet-i-monako-2/> (дата звернення: 17.11.2019).
22. Орестов Е. Опыт становления современного водоснабжения Лиссабона. WaterNet. 2016. URL: <http://waternet.ua/news/newsletter/53/> (дата звернення: 17.11.2019).
23. Много ли воды в Дании. Florapassionis.com. 2018. URL: <https://www.florapassionis.com/water-denmark/> (дата звернення: 17.11.2019).
24. COWI Consulting Engineers and Planners AS. Факторы окружающей среды и здоровье человека. Опыт Дании. *COWI Consulting Engineers and Planners AS. – København: Датское Агентство по охране окружающей среды*, 2015. 377 с.
25. Малецкий З. Круговорот воды в норвегии: управление водными ресурсами. WaterNet. 2016. URL: <http://waternet.ua/news/newsletter/239/> (дата звернення: 17.11.2019).
26. Water treatment. Alfsen og Gunderson. 2019. URL: <https://www.ag.no/products-and-services/water-treatment> (дата звернення: 17.11.2019).
27. Bekkelaget water treatment plant. Sweco.no. 2019. URL: <https://www.sweco.no/en/projects/bekkelaget-water-treatment-plant/> (дата звернення: 17.11.2019).
28. Drinking water in Norway. Norwegian Institute of Public Health. 2017. URL: <https://www.fhi.no/en/op/hin/infectious-diseases/drinking-water-in-Norway/> (дата звернення: 17.11.2019).
29. Белозерова Л. Финляндия: вода как главная ценность. GREENefficiency. 2019. URL: <https://energefficiency.in.ua/full-articles/37-finlyandiya-voda-kak-glavnaya-tsennost> (дата звернення: 17.11.2019).

30. Reningsprocessen. Norrvatten. 2019. URL: <https://www.norrvatten.se/Dricksvatten/Produktion-av-vatten/Reningsprocessen/> (дата звернения: 17.11.2019).
31. Какую воду можно пить в Латвии. Открыто.lv. 2017. URL: <https://rus.jauns.lv/raksts/aktualno/244377-kakuyu-vodu-mozhno-pit-v-latvii> (дата звернения: 17.11.2019).
32. Вода в Латвии из-под крана и бутылочная: есть ли разница? Press.lv. – 2017. URL: <http://press.lv/post/voda-v-latvii-iz-pod-krana-i-butylochnaya-est-li-raznitsa> (дата звернения: 17.11.2019).
33. Seymour-Capilano Water Filtration Plant. Water-Technology. 2017. URL: <https://www.water-technology.net/projects/seymour-capilano/> (дата звернения: 17.11.2019).
34. Drinking water quality in Canada. Government of Canada. 2019. URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/water-quality/drinking-water.html> (дата звернения: 17.11.2019).
35. Annual Report on Drinkingwater Quality 2017–2018. Wellington: Ministry of Health, 2019. 27 с.
36. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2019. URL: <https://www.aya.go.cr/SitePages/Principal.aspx> (дата звернения: 17.11.2019).
37. Review of the drinking water directive. European Commission, 2018. URL: http://ec.europa.eu/environment/water/water-drink/review_en.html. (дата звернения: 25.11.2019).
38. Drinking Water Treatment. MUT-Austria. 2018. URL: <https://www.m-u-t.at/en/water-technology.html> (дата звернения: 25.11.2019).
39. Fact sheet drinking water Germany. German Technical and Scientific Association for Gas and Water. 2019. URL: <https://www.dvgw.de/english-pages/dvgw/news/fact-sheet-drinking-water/> (дата звернения: 25.11.2019).

40. A look inside Zurich's water treatment system. Swissinfo. 2018. URL: https://www.swissinfo.ch/eng/clean-water-for-all_a-look-inside-zurich-s-water-treatment-system/43833918 (дата звернення: 25.11.2019).
41. Pij wodę z kranu. Saur Neptun Gdańsk Twoje wodociągi. 2017. URL: <https://www.sng.com.pl/Pij%C4%99wod%C4%99zkranu/pijwodezkranu.aspx> (дата звернення: 25.11.2019).
42. Slovenia country note. A State of the Sector. May 2015. Danube Water Program. 2015. URL: [https://www.danubis.org//files/File/country_resources/user_uploads/SoS_Slovenia%20\(1\).pdf](https://www.danubis.org//files/File/country_resources/user_uploads/SoS_Slovenia%20(1).pdf) (дата звернення: 25.11.2019).
43. Drinking water supply. JP VODOVOD-KANALIZACIJA d.o.o. 2018. URL: <https://www.vokasnaga.si/en/about-company/drinking-water-supply> (дата звернення: 25.11.2019).
44. Drinking water treatment. Thames Water Utilities Limited. 2016. URL: <https://www.thameswater.co.uk/help-and-advice/water-quality/how-we-look-after-your-water/drinking-water-treatment> (дата звернення: 25.11.2019).
45. How is water treated? Dublin City Council. Irish Water. 2019. URL: <http://www.dublincity.ie/main-menu-services-water-waste-and-environment-your-drinking-water-managing-our-water-supplies/how-1> (дата звернення: 25.11.2019).
46. Water Quality FAQs. How is drinking water treated? Irish Water. 2019. URL: <https://www.water.ie/water-supply/water-quality/faqs/> (дата звернення: 25.11.2019).
47. Da Costa V., Jobard E., Marquay J. et. al. Public Water and Wastewater Services in France Economic, Social and Environmental Data 6th edition October 2015. Paris: BIPE, 2015. 108 с.
48. Gibraltar Water Supply History. AquaGib. 2017. URL: <https://www.aquagib.gi/history> (дата звернення: 25.11.2019).
49. Palau M. Spain National Drinking Water Information System SINAC. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. 2015. URL: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/docs/Presentacion_Margarita_Palau.pdf (дата звернення: 25.11.2019).

50. Khalid M. Urban water quality in macedonia. The Borgen Project. 2017. URL: <https://borgenproject.org/urban-water-quality-in-macedonia/> (дата звернення: 25.11.2019).
51. Monitoring of the drinking water supply in Malta. GO Systemelektronik GmbH, 2019. URL: <https://www.go-sys.de/en/applications/drinking-water/>.
52. Podosek S. Water quality in monaco. The Borgen Project, 2017. – URL: <https://borgenproject.org/water-quality-in-monaco/>.
53. Freshwater - State and impacts (Finland). European Environment Information and Observation Network (Eionet), 2015. URL: <https://www.eea.europa.eu/soer/countries/fi/freshwater-state-and-impacts-finland-1>.
54. Dricksvatten & hälsa. Svenskt Vattens, 2019. URL: <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/>.
55. ПрАТ АК Київводоканал - Контроль якості води. ПрАТ АК Київводоканал, 2019. URL: <https://www.vodokanal.kiev.ua/kontrol-yakosti-vody>.
56. Київводоканал поступово відмовляється від використання рідкого хлору. ПрАТ «АК «Київводоканал», 2019. URL: <https://vodokanal.kiev.ua/news/kiyvvodokanal-postupovo-vidmovlyaetsya-vid-vikoristannya-ridkogo-xloru/>.
57. Василечко В., Грищук Г., Сулим Ю., Кузьма Ю. Адсорбція мангану на закарпатському клиноптилоліті. Вісник Львівського університету: Серія хімічна. Вип. 43. 2015. С. 100–107.
58. Василечко В., Грищук Г., Нерода І. Адсорбція рb(II) на закарпатському клиноптилоліті. Вісник Львівського університету: Серія хімічна. Вип. 50. 2015. С. 177–187.
59. Ватин Н.И., Чечевичкин В.Н., Чечевичкин А.В., Шилова Е.С. Применение цеолитов клиноптилолитового типа для очистки природных вод. Инженерно-строительный журнал, 2013. № 2. С.81–88.
60. Тарасевич Ю.И., Поляков В.Е., Иванова З.Г., Крысенко Д.А. Получение и свойства клиноптилолита, модифицированного диоксидом марганца. Химия и технология воды. 2016. Т. 30(2). С.159-170.

61. Яновська Е.С., Затовський І.В., Слободяник М.С. Наукові основи безвідходної технології доочищення промислових стічних вод від сумішей іонів важких металів/ Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2016. №5. С.50–54.
62. Кравченко В.А., Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г. та ін. Очистка питьевой воды с использованием клиноптилолитовых фильтров. Химия и технология воды. 2017. Том 10(3). С.255–259.
63. Карташов А.П., Кравченко В.А., Тарасевич Ю.И. та ін. Клиноптилолитовые фильтры для очистки высокомутных вод Закарпатья. Химия и технология воды. 2017. Т. 11(7). С.625-627.
64. Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г., Кравченко В.А., Сидорович А.Г. Опыт применения клиноптилолита в качестве фильтрующего материала скорых фильтров на промышленной водоочистной станции. Химия и технология воды. 2015. Т.5(1).С.54–55.
65. Тарасевич Ю.И. Природные цеолиты в процессах очистки воды. Химия и технология воды. 2015. Т. 10(3). С.210–218.
66. Тарасевич Ю.И. Кристаллохимический принцип избирательности природных цеолитов к крупноразмерным катионам. *Химия и технология воды*. 1989. Т. 11(4). с.305–310.
67. Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г., Кравченко В.А. и другие. Физико-химические свойства закарпатского клиноптилолита и его применение в качестве фильтрующего материала при очистке воды. Химия и технология воды. 2017. Т. 1(1). С.66–69.
68. Тарасевич Ю.И. Руденко Г.Г., Кравченко В.А. и другие. Опыт использования цеолитизированного туфа для очистки цветных и среднемутных вод поверхностных водоёмов Украины. Химия и технология воды. 2016. Т. 4(2). С.169–172.
69. Басараба Ю. Б., Засадний Т. М. Перспективи застосування цеолітів сокирницького родовища для очищення природної води. Науково-технічний журнал, № 1 (11), 2015. С. 46–51.

70. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования / Под науч. ред. Соколова В.А., Калинина Ю.К. Петрозаводск, Карелия. 2015. 240 с.
71. Ковалевский В.В. Шунгит или высший антраксолит? Записки РМО. 2019. № 5. С. 97-105.
72. Калинин Ю., Ковалевский В. Шунгитовые породы: горизонты научного поиска. Наука в России 2017, № 6, С. 66-72.
73. Ю.К. Калинин, А.И. Калинин, Г.А. Скоробогатов. Шунгиты Карелии. Санкт-Петербург: ВВМ. 2018. 219 с.
74. Столярова Г. В., Бариева Э. Р. Шунгит как эффективный сорбент для очистки сточных вод. Modern directions of theoretical and applied researches, 2014. URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer34/268.pdf> (дата звернення: 03.01.2020).
75. Калинин А.И., Королева Е.Б., Муховиков В.В. та ін. Препринт № 109. Лен. Ин-т информатики и автоматизации, РАН РФ. Л. 2016. 22 с.
76. Коновалова Т.А. Эффективность лечения шунгитовой водой. Предварительное заключение Республиканской больницы, г. Петрозаводск № 1177 от 14.08. 2015.
77. Калашников И.Е., Ковалевский В.В., Чернышова Т.А., Болотова Л.К. Алюмоматричные композиционные материалы с наполнителями из шунгитовых пород. Металлы. 2016. № 6. с. 85-95.
78. Мошарова И. В. Увеличение численности бakteиопланктона под влиянием шунгита. Научный поиск в современном мире. Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции. Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Апробация", 2017. С. 19–21.
79. Даллакян Г. А. Разнонаправленное действие шунгита на рост планктонных организмов в присутствии тяжёлых металлов и синглетного кислорода Актуальные вопросы биологической физики и химии. Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2017. – С. 404–408.
80. Даллакян Г. А. Комбинированное действие антибиотиков и шунгита на численность бakteиопланктона. Научный поиск в современном мире. Сборник

материалов XV Международной научно-практической конференции. Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Апробация", 2017. С. 17–19.

81. С. И. Ануфриева В.И Исаев, Ю.Н. Лосев, И.О. Шунгитовый сорбционный материал для очистки сточных и оборотных вод. Промышленная экология, 2018, №4, с.28-32.

82. Поліщук Т. В. Гігієна тварин. Київ: *Сократ - електронна система управління ВНЗ*, 2016. 317 с.

83. Поліщук Т.В., Іванович О.І. Санітарно-гігієнічний контроль якості питної води. Сократ - електронна система управління ВНЗ. 2016. URL: http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php?book_id=1&user=575&page_id=20 (дата звернення: 03.01.2020).

84. Лабораторія екологічного моніторингу. Аналіз якості води. ІРЗ. 2020. URL: <https://www.vyshlab.com.ua/> (дата звернення: 03.01.2020).

85. Квартенко О. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни: «Хімія води і мікробіологія». Рівне: НУВГП, 2015. 28 с.

86. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДержСанПіН 2.2.4-171-1) від 16.07.2010, *Офіційний вісник України* № 51, стор. 99, стаття 1717.

87. ДСТУ ISO 6059:2003. Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію (ISO 6059:1984, IDT). Вид. офіц. Київ.: Видавництво стандартів, 2004. – 11с.

88. ДСТУ ISO 9963-1:2007. Визначення лужності Частина 1. Визначення загальної та часткової лужності (ISO 9963-1:1994, IDT). Київ: ДержСпоживСтандарт, 2010. – 15с.

89. Забава Л. К., Цебренко М. В. Методичні рекомендації для самостійної роботи при підготовці до лабораторних занять з курсу "Загальна хімічна технологія" Київ: КОП-Центр НаУКМА, 2015. 52 с.

90. Гончарук В.В. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. *Химия и технология воды*. 2016. 243с.

91. Малышев С.А. Технология обеззараживания воды. *Вода і очисні технології*. 2015. 129с.
92. ДСТУ ISO 7393 – 1: 2003. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Київ: Видавництво стандартів, 2004. – 15с.
93. ДСТУ ISO 7393 - 2: 2004. Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 2: Колориметричний метод із застосуванням N,N-діетил-1,4-фенілендіаміну для поточного контролювання (ISO 7393 - 2: 1985, IDT). Київ: Видавництво стандартів, 2005. 13с.
94. ДСТУ ISO 7393 - 3: 2004. Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 3: Метод йодометричного титрування для визначення загального хлору (ISO 7393 - 3: 1990, IDT). Київ: Видавництво стандартів, 2005. 17с.
95. Гагара В. Ф. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни основи екології. Запоріжжя: КПУ, 2017. 53 с.
96. Дроздова. Т. М. Санітарія та гігієна харчування. Кемерово: КТІХП, 2015. 241 с.
97. Блажесівський М. Є. Потенціометричне визначення Рн. Фармацевтична енциклопедія. 2018. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/912/potenciometrichne-viznachennya-rn> (дата звернення: 03.01.2020).
98. Матвєєва О. Л., Тихенко О. М., Трофімов І. Л. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посібник. Київ: НАУ, 2018. 196 с.
99. Система стандартів безпеки праці (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-74). Вид. офіц. Київ: Видавництво стандартів, 2005.
100. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98) Київ: Видавництво стандартів, 2005, 40 с.
101. Правила з безпечної експлуатації систем вентиляції у хімічних виробництвах (НПАОП 0.00-1.27-09). Київ: Видавництво стандартів, 2009, 48 с.

102. Примірна інструкція з охорони праці користувача персонального комп'ютера від 30 липня 2018 року № 356, Бахмацька районна адміністрація, Бахмач. 2018., 9с.

103. Молчанов Б. С. Проективання промислової вентиляції. м. Москва: ГМУ, 2017. 241 с.

104. Левуш С. С. Скачко В. П. Облаштування і розрахунок системи загальнообмінної вентиляції виробничих приміщень: методичні вказівки до виконання практичної роботи з курсу «Охорона праці в галузі» для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної та заочної форми навчання. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2016. 25 с.

105. Дашко В. А. Расчет общеобменной и местной вентиляции производственного помещения. Отопление и вентиляция. 2019. URL: <https://otivent.com/ventiljacija-proizvodstvennyh-pomeshhenij>(дата звернення: 03.01.2020).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиці до першого розділу

Таблиця А.1

Джерела та способи фільтрації води на водозабірних станціях 32 країн світу

Країна	Джерело води	Способи фільтрації	Придатність до пиття без обробки
1	2	3	4
Австрія	Вода надходить з гірських Альпійських джерел, льодовиків, річок	Піщана фільтрація, АУ-фільтрація, зворотній осмос, оксидизація, флокуляція	Придатна
Німеччина	Підземні води (85%), поверхневі водойми (річки, озера, водосховища)	Флокуляція, піщана фільтрація, вапнування, знезараження (калій перманганат та діоксид хлору, УФ-випромінювання)	Придатна
Швейцарія	Підземні, ґрунтові, артезіанські води (до 80% споживання); поверхневі водойми (озера та річки)	Піщані та акт. вугільні фільтри, оксидизація, озонування; 1/3 води не потребує очищення	Придатна
Польща	Підземні та ґрунтові води; річкові води, озера та водосховища	Піщана фільтрація, озонування, вугільна фільтрація	Придатна
Чехія	Підземні води та річки	Груба механічна фільтрація, використання методів дезінфекції	Придатна
Словенія	Підземні води (97%)	Груба механічна фільтрація, іноді хлорується	Придатна
Бельгія	Вода з різних джерел: річкова, ґрунтова, підземна кальцієва	Піщана фільтрація, вугільна фільтрація, озонування, вугільна фільтрація, хлорування	Придатна

1	2	3	4
Великобританія	Підземна та річкова вода	Підземна вода проходить крізь природні вугільні пласти; річкова вода очищується: груба механічна фільтрація, піщана фільтрація та біологічне очищення, оксидизація, фільтрація активованим вугіллям, озонування; знезараження сполуками хлору та аміаку	Придатна
Ірландія	Підземна, артезіанська, ґрунтова	Коагуляція, седиментація/флокуляція, фільтри гравійно-піщані; озонування, хлорування(хлорін), УФ-опромінення	Придатна
Нідерланди	Підземна(60%) та з поверхневих джерел: річок/озер(40%)	Груба фільтрація, УФ-опромінення, вугільні фільтри, озонування, фільтрація крізь мембрани	Придатна
Франція	62% підземні води, 38% - поверхневі водойми	Очистка пісочними та вугільними фільтрами, озонування, внесення ортофосфатної кислоти, іноді - хлорування	Придатна
Андорра	Гірська артезіанська вода	Вугільна та піщана фільтрація	Придатна
Ватикан	Ґрунтова, артезіанська вода	Хлорування	Придатна
Гібралтар	Вода привозна або опріснена морська	Опріснювання морських вод, демінералізація, фільтрація піщаними та вугільними фільтрами, хлорування хлорином	Малоприсдатна
Греція	Вода опріснена морська, штучні поверхневі джерела, ґрунтові води, дощова вода	Ультрафільтрація, седиментація, вугільна/піщана фільтрація, демінералізація; опріснення	Придатна тільки в Афінах
Іспанія	63% наземні водойми, 33% підземні, 4% інші, з опрісненням включно	Окислення перманганатом калію, хлорування газоподібним хлором, вугільно-піщана фільтрація ; опріснення	Малоприсдатна, потребує кипятіння
Італія	Ґрунтова, артезіанська вода	Хлорування, ультрафільтрація	Придатна
Македонія	Річкова вода та рідко підземні води	Ультрафільтрація, хлорування(хлорін)	Малоприсдатна

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Мальта	Опріснена морська	Опріснення, демінералізація, ультрафільтрація, хлорування	Малопридатна
Монако	Підземні води	Піщана фільтрація, знезараження діоксидом хлору	Малопридатна
Португалія	Артезіанські та ґрунтові води, вздовж узбережжя – опріснення	Обробка хлором і вапнування з барботуванням вуглекислим газом, коагуляція (сульфатом алюмінію) і флоакуляція, хлорування	Придатна
Данія	Артезіанська, підземна	Піщана фільтрація	Придатна
Ісландія	Артезіанська, природно очищена, підземна вода, яка на момент відкачування є киплячою	Природна, штучно охолоджена, має присмак сірки	Придатна
Норвегія	90% - поверхові водойми (озера та річки), 10% - підземні та ґрунтові води	Ультрафільтрація (вугільні та піщані фільтри, флоатація та коагуляція, озонування, УФ-опромінення, хлорування)	Придатна
Фінляндія	Підземні води (60%), поверхневі води(річки, озера)	Багатоступенева система очищення, що включає озонування, УФ-опромінення, ультрафільтрацію	Придатна
Швеція	Поверхневі та підземні води	Багатоступенева система очищення, фільтри на основі мікро двоокису кремнію, внесення сульфату алюмінію (флоакуляція), піщана фільтрація, вугільна фільтрація, УФ-опромінення, вапнування, внесення монохлораміну	Придатна
Латвія	Поверхневі та підземні води	Хлорування, озонування, ультрафільтрація	Придатна

1	2	3	4
США	Поверхневі та підземні води	Коагуляція, фільтри з вугілля, піску, та гравію; озонування, Хлорування(хлорін); фторування	Придатна
Канада	Підземні та поверхневі води	Флокуляція, фільтрація антрацитом та піском, УФ-опромінення, хлорування	Придатна
Нова Зеландія	Підземні та поверхневі води	Хлорування (хлорін), УФ-опромінення, ультрафільтрація активованими вуглями, іонізація, озонування, фторування	Придатна
Коста-Ріка	Підземні води та дощова вода	Механічна фільтрація, флоакуляція сульфатом амонію, осадження, фільтрація, хлорування	Придатна
Японія	З поверхневих джерел (річок)	Хлорування, озонування, фільтрація активованим вугіллям, піщана фільтрація	Придатна

Примітка: Посилання на використані літературні джерела за номерами 11-54.

Закінчення таблиці А.1

Таблиця А.2.

Середньорічні значення досліджуваних показників по районах м. Києва

№ з/п	Район	Капітальність		Загальне мікробне число		Запах при t 20°C		Забарвленість		Хлор залишковий зв'язаний		Смак та присмак	
		ρ , г/дм ³	ГДК, г/дм ³	ρ , КУО/см ³	ГДК, КУО/см ³	ρ , бал	ГДК, бал	ρ , град.	ГДК, град.	ρ , мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³	ρ , бал	ГДК, бал
1	Голосіївський	0,31	0,58	0,46	100	1	2	13,02	20	0,57	1,2	0,5	2
2	Печерський	0,40		0,74		1,13		16,5		0,59		1,15	
3	Подільський	0,32		1,99		1,19		12,21		0,47		1,15	
4	Солом'янський	0,34		0,5		1,5		12,6		0,46		1,19	
5	Святошинський	0,31		0,56		1		12,2		0,5		0,85	
6	Шевченківський	0,37	0,58	0,69	100	1	2	11,44	20	0,43	1,2	1	2
7	Оболонський	0,33		0,23		1		13,15		0,46		1	
8	Дніпровський	0,24		0,73		1,19		12,3		0,9		1	
9	Дарницький	0,67		0		1,19		10,19		0,21		1,5	
10	Деснянський	0,49		0,9		1,59		10,19		0,43		1,16	

ДОДАТОК Б

Таблиці протоколів експериментів з дослідження впливу та ефективності очищення води природними мінералами

Таблиця Б.1.

Протокол вимірювань першого етапу експерименту – дослідження впливу природних мінералів на воду у процесі відстоювання

Дата проби	Тип проби	Cl віль., мг/л	Cl заг., мг/л	pH, од.	GH,° n	KH,° n	Запах
06.11.2019	Вхідна вода	0,1	0,4	7,5	22	13	Легкий запах хлору
		0,1	0,4	7,5	20	12	
		0,1	0,4	7,5	20	14	
10.11.2019	Контроль	0	0,1	7,6	24	14	-
		0	0,1	7,6	22	14	
		0	0,1	7,6	22	14	
	Шунгіт	0	0	7,2	22	10	болотний
		0	0	7,2	22	12	
		0	0	7,2	22	10	
	Цеоліт	0	0	7,4	12	12	-
		0	0	7,4	12	13	
		0	0	7,4	12	14	
	Кремній (Кремій)	0	0	7,6	22	14	-
		0	0	7,6	22	14	
		0	0	7,6	22	14	
	Суміш (Ш+Ц+К)	0	0	7,6	16	12	-
		0	0	7,4	16	14	
		0	0	7,6	16	14	
14.11.2019	Контроль	0	0	7,5	22	14	-
		0	0	7,5	20	16	
		0	0	7,5	22	16	
	Шунгіт	0	0	7,1	22	9	Затхла
		0	0	7,2	22	8	
		0	0	7,2	22	8	
	Цеоліт	0	0	7,4	8	12	Ароматичний
		0	0	7,4	8	12	
		0	0	7,4	8	12	
	Кремній (Кремій)	0	0	7,6	22	14	-
		0	0	7,6	22	14	
		0	0	7,6	22	14	
	Суміш (Ш+Ц+К)	0	0	7,4	14	12	Затхла, болотний
		0	0	7,4	14	12	
		0	0	7,4	14	12	

**Серединний і кінцевий контроль експерименту з дослідження впливу
шунгіту на воду**

Дата	Назва досліджуваної ємності	pH, одиниці	GH, °n	KH, °n	Запах
06.12.2019	Контроль	7,5	22	13	-
	Ш1С	7,2	20	10	1 Болотний
	Ш1Т	7,5	22	12	2 болотний
	Ш2С	7,5	22	13	1 солонуватий
	Ш2Т	7,4	21	12	-
10.12.2019	Контроль	7,5	22	13	-
	Ш1С	7,3	22	9	1 залізн / 3 затхл / 2 болот
	Ш1Т	6,9	20	12	2 болот / 2 сірковод
	Ш2С	7,5	22	11	1 затхл
	Ш2Т	6,9	21	10	1 затхл / 1 бол